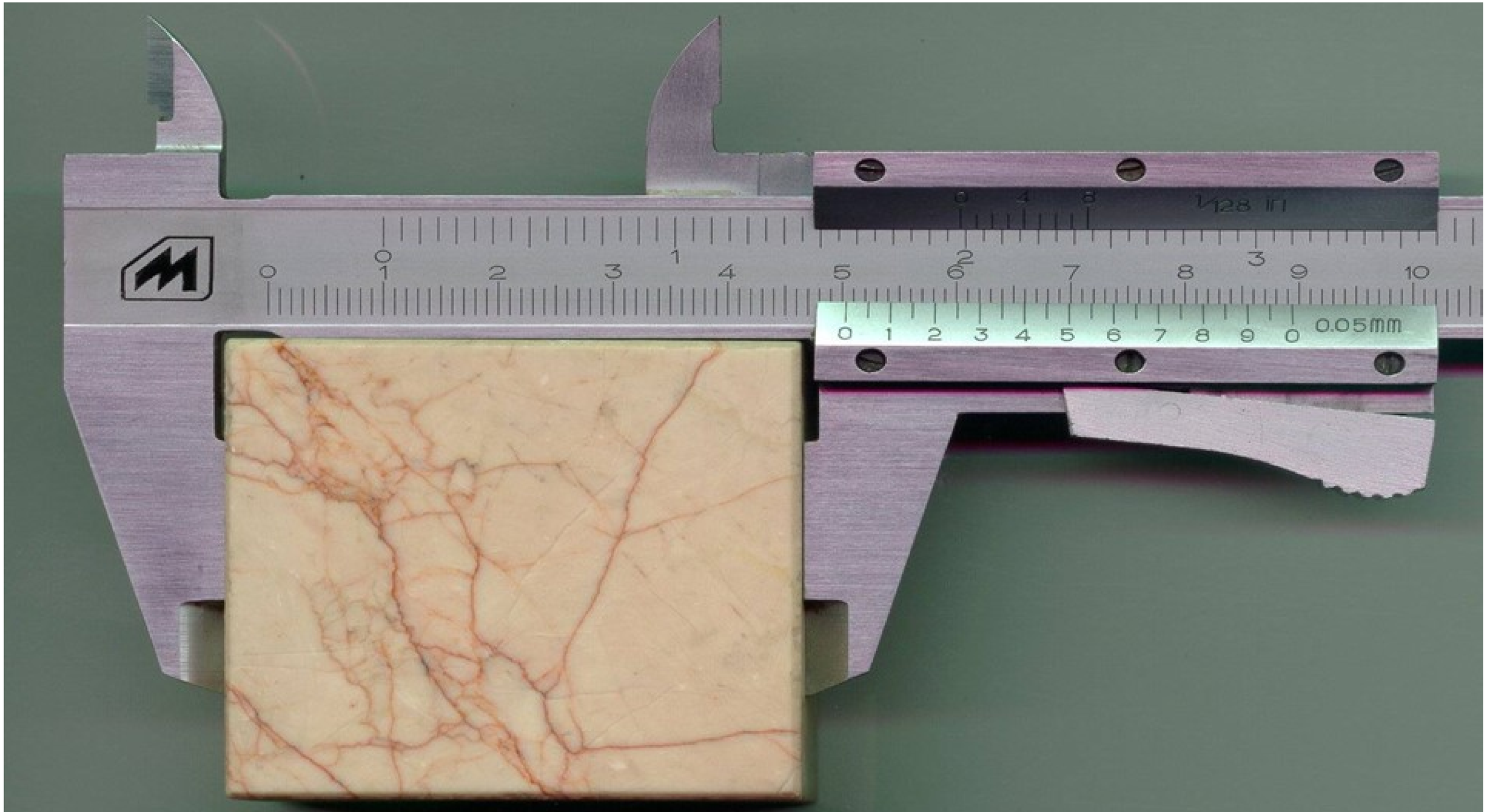
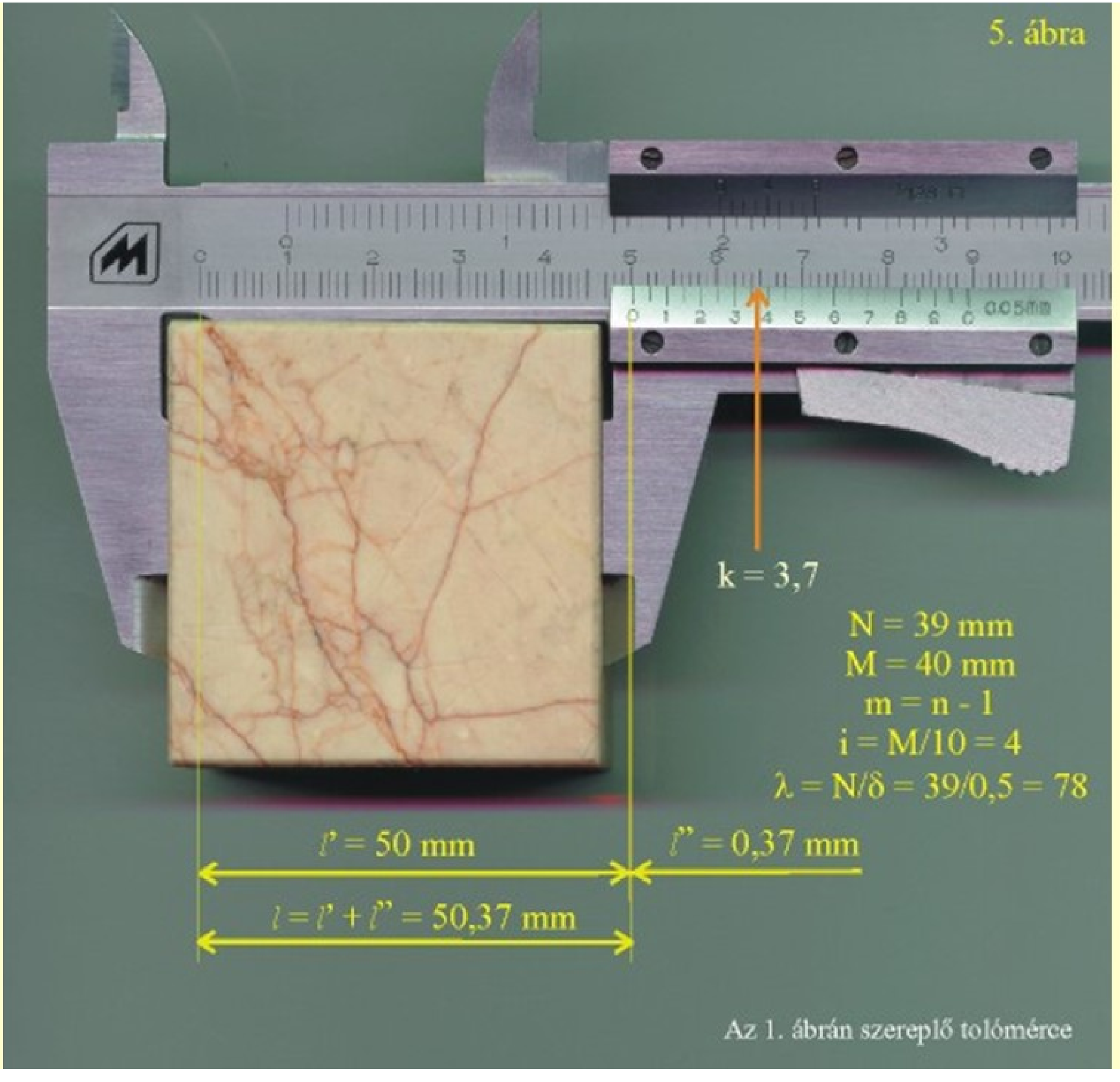
Tömeg- és hosszmérés témaköre
Hossz- és hosszváltozásmérés *(2007. szeptember)*
Képletek és számpéldák a sűrűségmérés fogalomköréből *(2007. március)*
Nóniusz-skálás tolómérce használata *(1999. október)*
Sűrűség és fajsúly fogalma *(2001. október)*
Szilárd anyagok anyagsűrűségének táblázata *(2007. március)*
Tömegállandóság fogalma *(2010. szeptember)*



HOSSZ- ÉS HOSSZVÁLTOZÁSMÉRÉS, ZSUGORODÁS, HŐTÁGULÁS, KÚSZÁS ÉS ERNYEDÉS

5. ábra

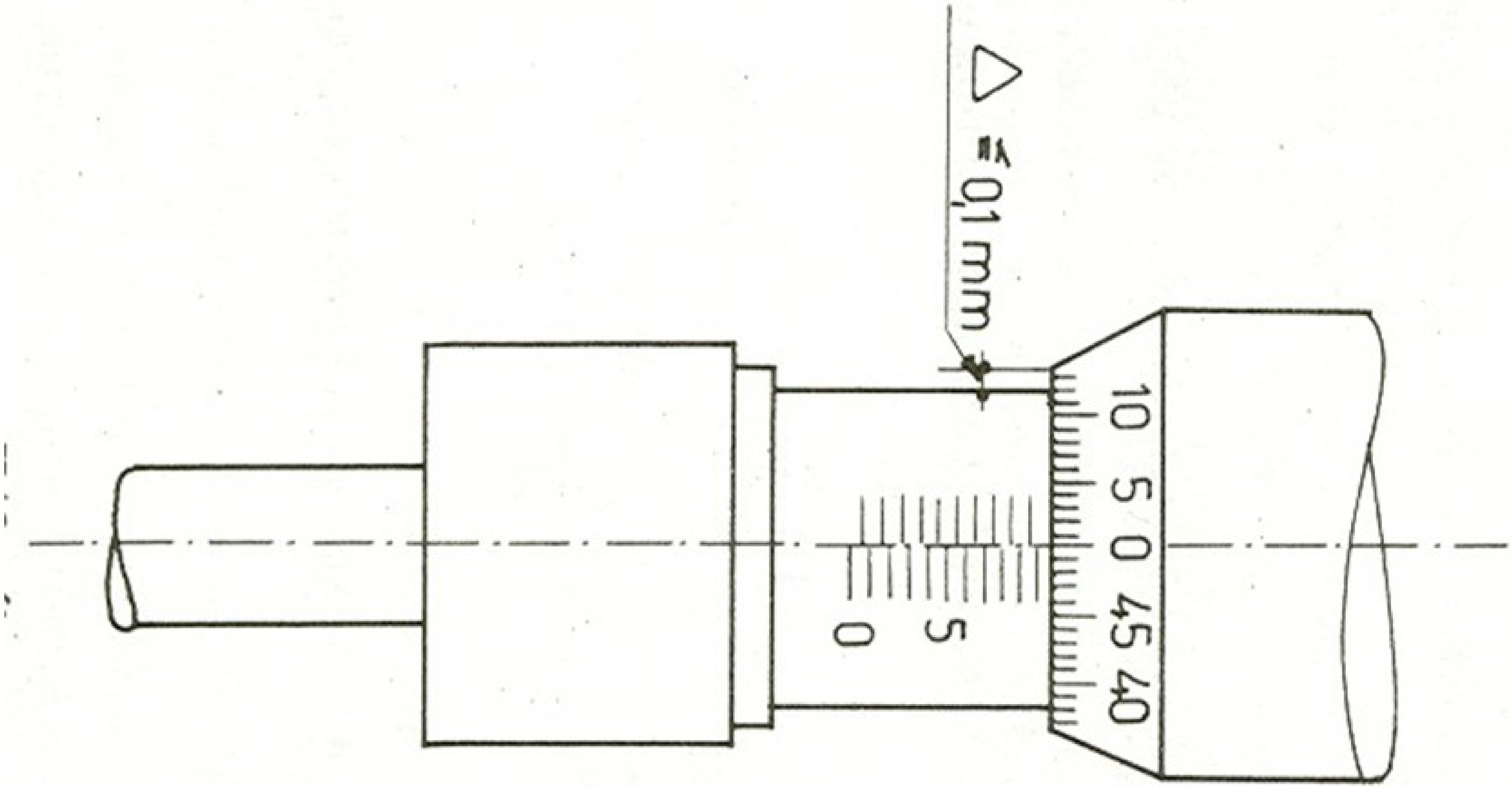


Az 1. ábrán szereplő tolómérce

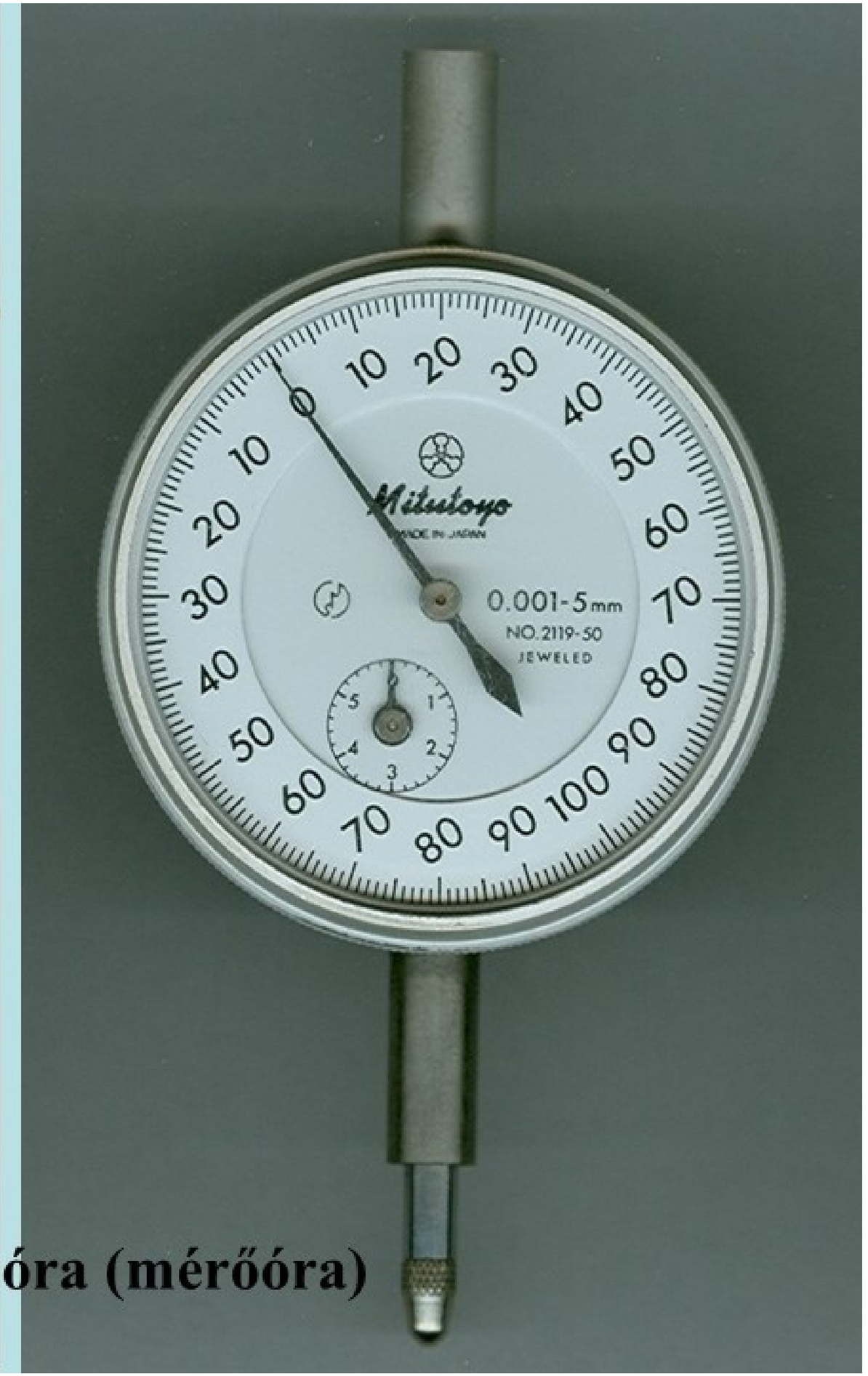
Mikrométer csavaros vastagságmérő

Mikrométer csavaros vastagságmérő 2007/9/11 17:05

Mikrométer csavar



Mikrométer leolvasóberendezés

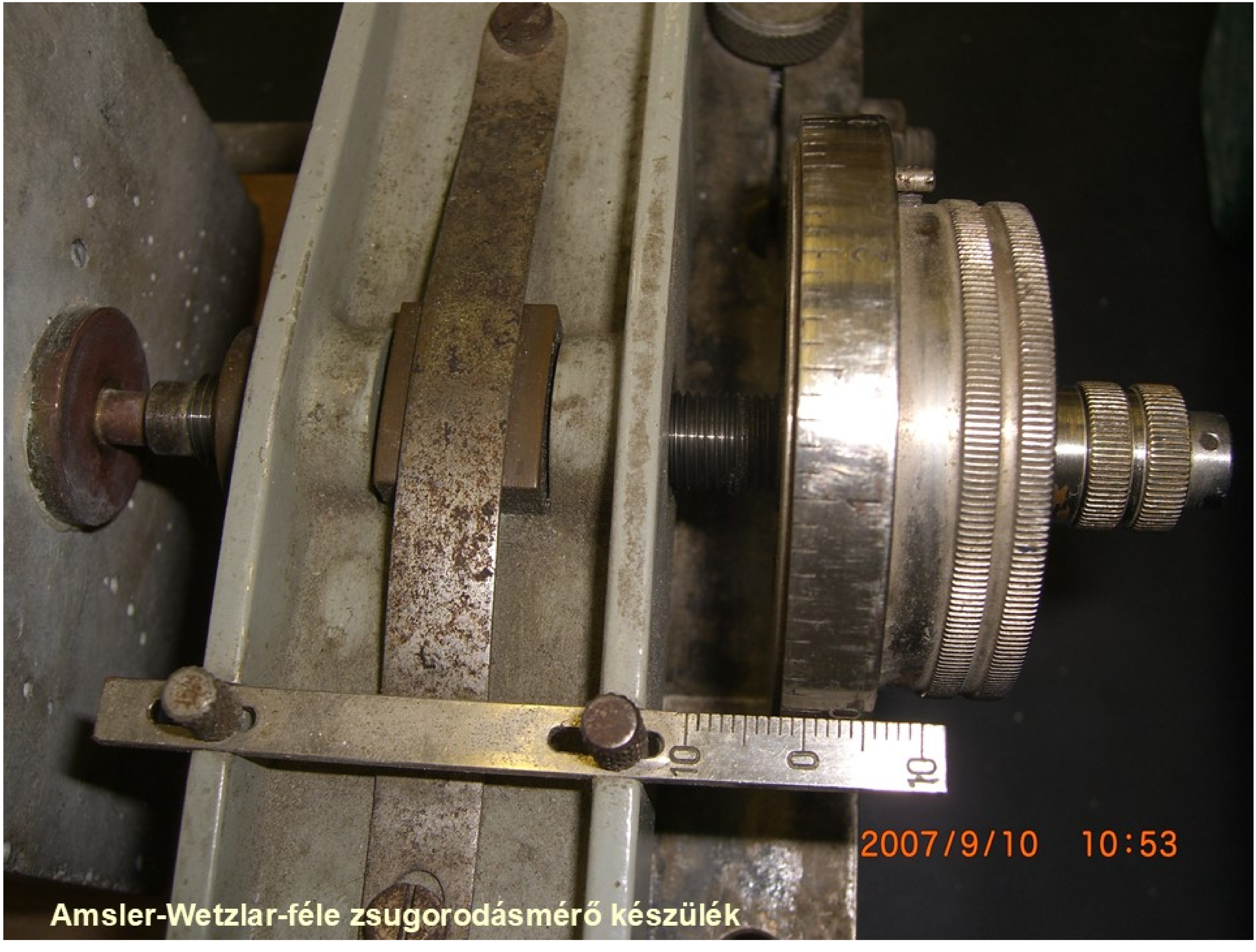


Indikátor óra (mérőóra)

Amsler-Wetzlar-féle zsugorodásmérő készülék

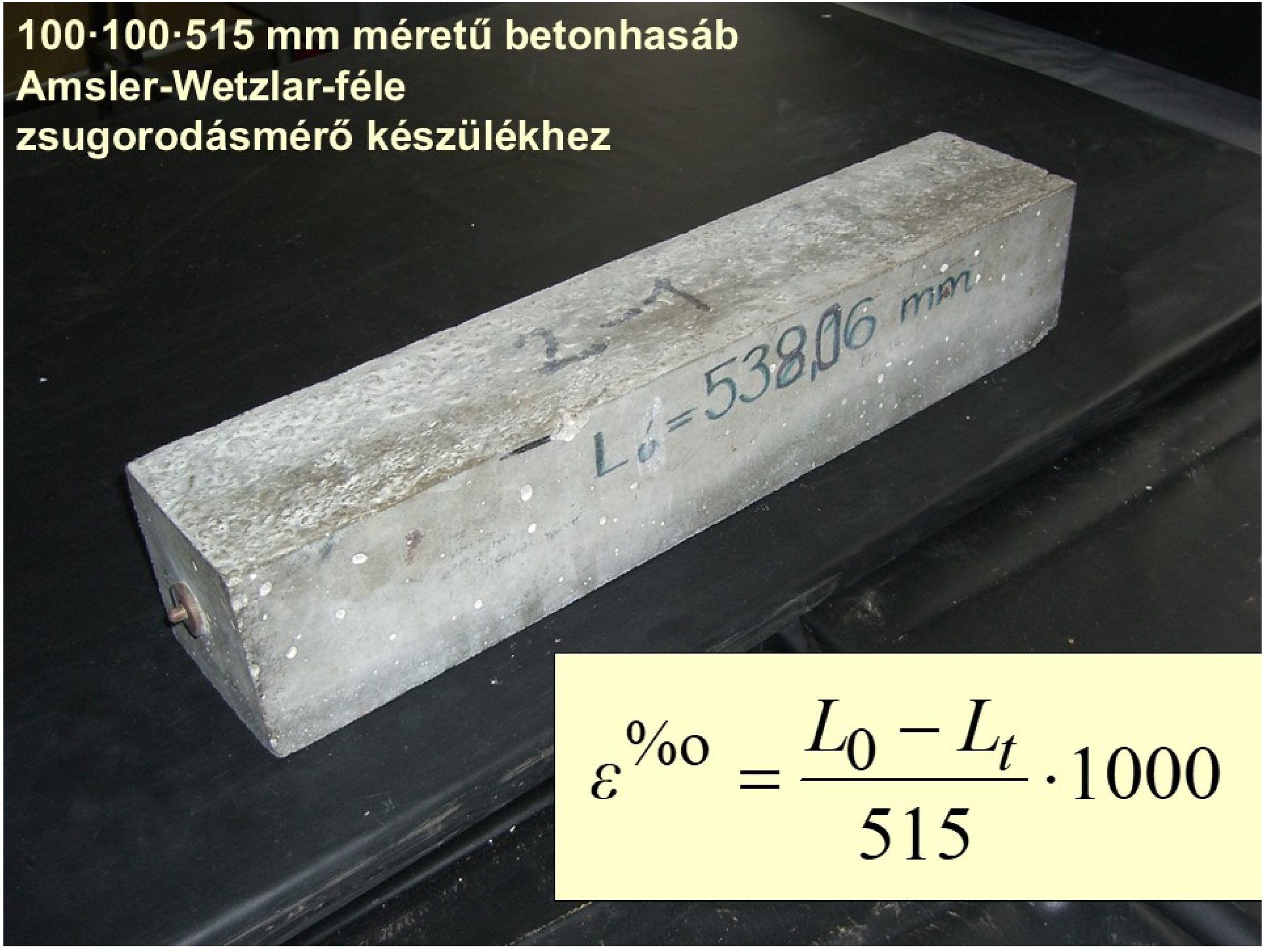
2007/9/10 10:50

Amsler-Wetzlar-féle zsugorodásmérő készülék



Amsler-Wetzlar-féle zsugorodásmérő készülék

100·100·515 mm méretű betonhasáb Amsler-Wetzlar-féle zsugorodásmérő készülékhez



$$\varepsilon^{‰} = \frac{L_0 - L_t}{515} \cdot 1000$$

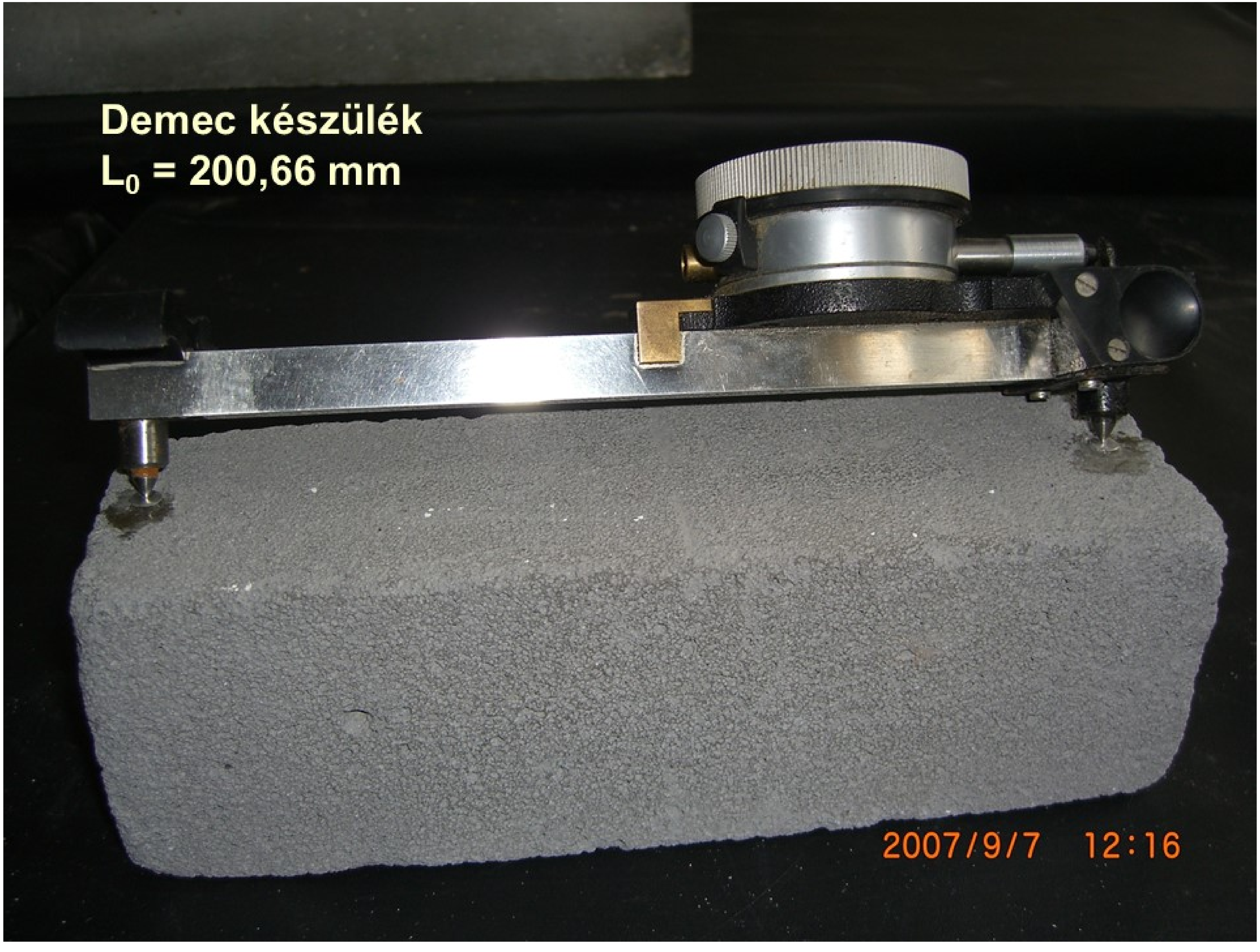
Graf – Kaufmann-féle készülék

Demec készülék
L_0 = 200,66 mm
2007/9/7 12:17

Demec készülék

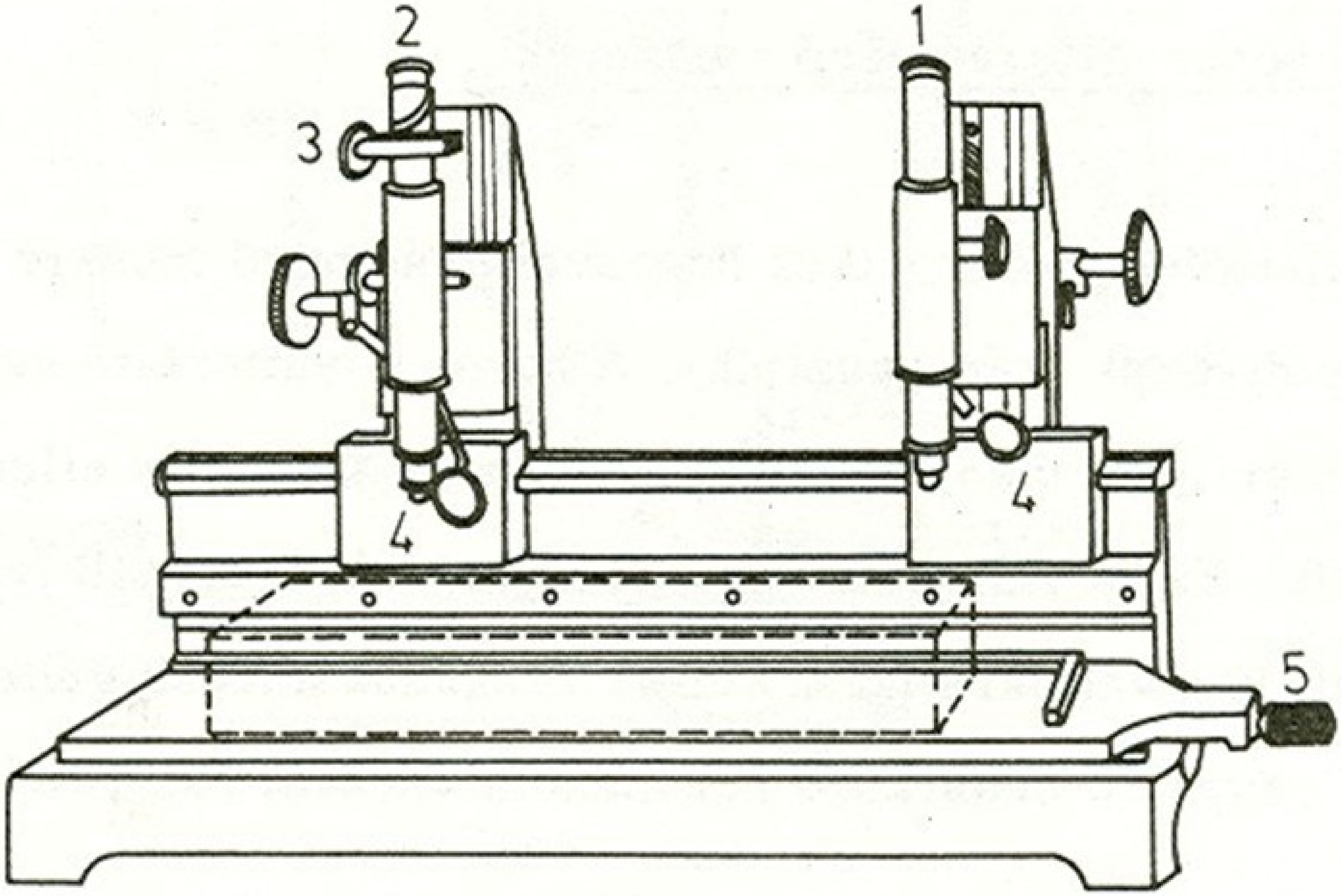
L_0 = 200,66 mm

Demec készülék
L_0 = 200,66 mm
2007/9/7 12:12


Demec készülék
L_0 = 200,66 mm
2007/9/7 12:16

Demec készülék

L_0 = 200,66 mm

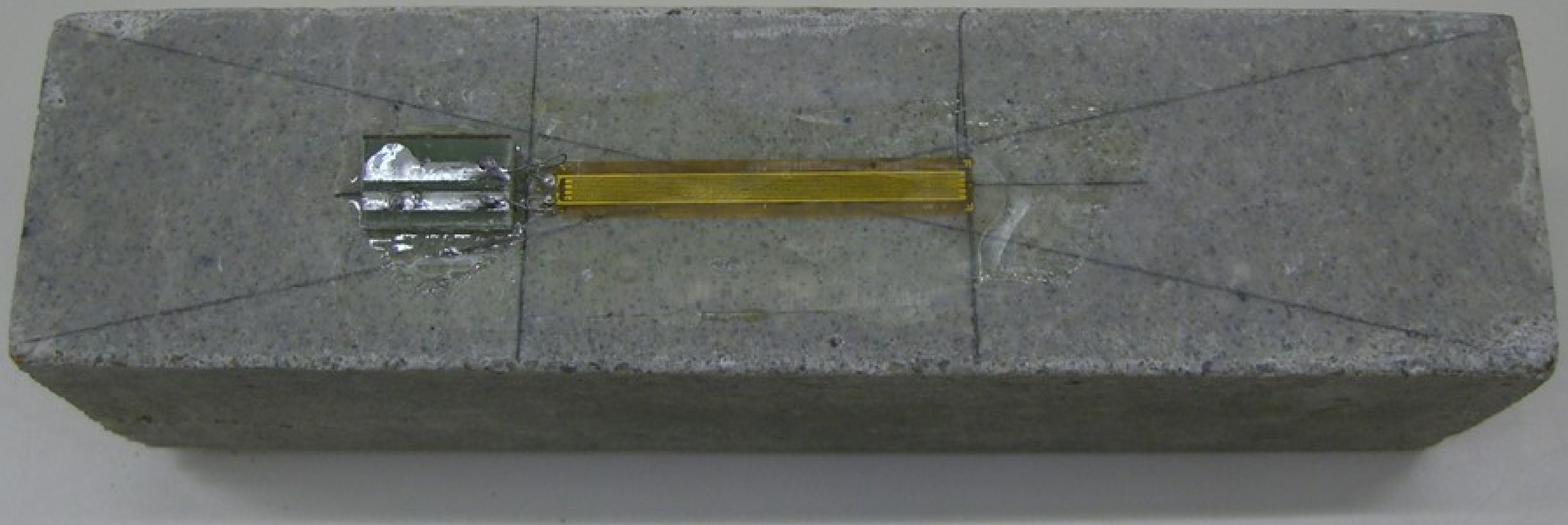


II/34. ábra

Leitz féle betonkomparátor

1. célzó mikroszkóp; 2. mérőmikroszkóp; 3. okulár-mikrométer állitócsavarja; 4. fényvezető-tiikrök; 5. próbatest beállitó szán csavarja

Nyúlásmérő bélyeg



ZSUGORODÁS

A szilárduló beton a hidratáció, a száradás és egyéb belső átalakulások hatására zsugorodik. Ha a zsugorodás ébresztette húzófeszültség eléri a kötés és szilárdulás folyamatában lévő beton húzószilárdságát, akkor a beton megreped.

A zsugorodás fajtái a következők:

<u>Korai vagy kapilláris vagy képlékeny zsugorodás</u> a beton friss, képlékeny állapotában lép fel, és létrehozza a kapillárisokat. A bedolgozott friss beton az első rövid idő alatt általában duzzad, de amikor a felületéről a vízfilm eltűnik, elkezd zsugorodni. A korai zsugorodás gyors, rövid folyamat, a kötési idő végén (ez általában nem több, mint 8 óra) véget ér. A keletkező repedések felületi hajszálrepedések, tágasságuk 1 - 2 mm-t is elérhet, kedvezőtlen klimatikus viszonyok közepette összértékük 4 mm/m is lehet, de mélységük csekély, a megszikkadó felületi zónára korlátozódik. (A felület közeli tartományban húzások lépnek fel, míg a keresztmetszet belseje nyomás alatt áll.)

<u>Száradási zsugorodás</u> a kötés végén, a szilárdulás kezdetén indul és egy évig is eltarthat, tehát egy lassú folyamat, amely végértékhez tart. Ezalatt a cementkő pórusai kiszáradnak, a teljesen kiszáradt beton nem zsugorodik tovább.

<u>Autogén zsugorodásról</u> a kis víz-cement tényezőjű ($x \leq 0{,}4$) betonok (ezek általában nagyszilárdságú, nagyteljesítő-képességű betonok) esetén beszélünk. Mértéke különösen $x = 0{,}3$ körül és jelentős finomrész-tartalom (pl. szilikapor) esetén lehet igen jelentős. Az autogén zsugorodás a korai zsugorodás idején kezdődik és átnyúlik a száradási zsugorodás periódusába is.

A hidratáció alatt a fiatal betonban lévő cement annyi vizet elvon a pórusszerkezetből, hogy a beton 70-90 % relatív nedvességtartalom esetén hamar tömegállandósági állapotba kerül. A kis víz-cement tényezőjű beton olyan kevés vízzel készül, hogy a hidratáció folytán erős belső kiszáradás megy végbe, amely számottevő zsugorodással jár.

Az autogén zsugorodás független a szerkezeti elem geometriájától, és a hidratációval, ill. a beton szilárdságával áll lineáris kapcsolatban.

Az x = 0,5 vagy ennél nagyobb víz-cement tényezőjű betonok autogén zsugorodása a száradási zsugorodáshoz képest elhanyagolható.

<u>Kémiai zsugorodás</u> azért lép fel, mert a hidratációs termékek (cementkő) térfogata kisebb, mint a kiindulási cementpép (cement + keverővíz) térfogata. A hidratáció folyamán tehát térfogatcsökkenés lép fel, mert a vízmolekulák beépülnek a hidratációs termékbe, azaz a cement a keverővíz egy részét kémiailag megköti (kb. a cement-tartalom 25 tömeg%-át). A víz másik részéből pórusvíz képződik (ez folyékony halmazállapotú), harmadik része pedig elpárolog.

<u>Karbonátosodási zsugorodás</u> évekig tartó folyamat. A beton karbonátosodása során olyan ásványok (kalcium-karbonát) keletkeznek, amelyek térfogata kisebb, mint a nem karbonátosodott betoné. A karbonátosodás alatt korábban kötött víz is felszabadul, amelynek elpárolgása a száradási zsugorodást növeli. A karbonátosodási zsugorodás tehát kémiai és fizikai folyamat eredménye.

A zsugorodást befolyásoló tényezők:

- **az utókezelés;**
- **a környezet relatív páratartalma;**
- **a környezeti hőmérséklet;**
- **víz-cement tényező;**
- **a cementtartalom és a cement őrlésfinomsága;**
- **a finomrész-tartalom és őrlésfinomsága;**
- **a hidratáció foka;**
- **a beton kora a száradás kezdetének időpontjához képest;**
- **az építőelem geometriája.**

Felhasznált irodalom:

Sárosi Márton: Analyse der Materialeigenschaften der Beton-mischung einer Großvolumigen Bodenplatte, inbesondere ihrer Rissneigung. Diplomamunka. 2007.

Repedések fajtái

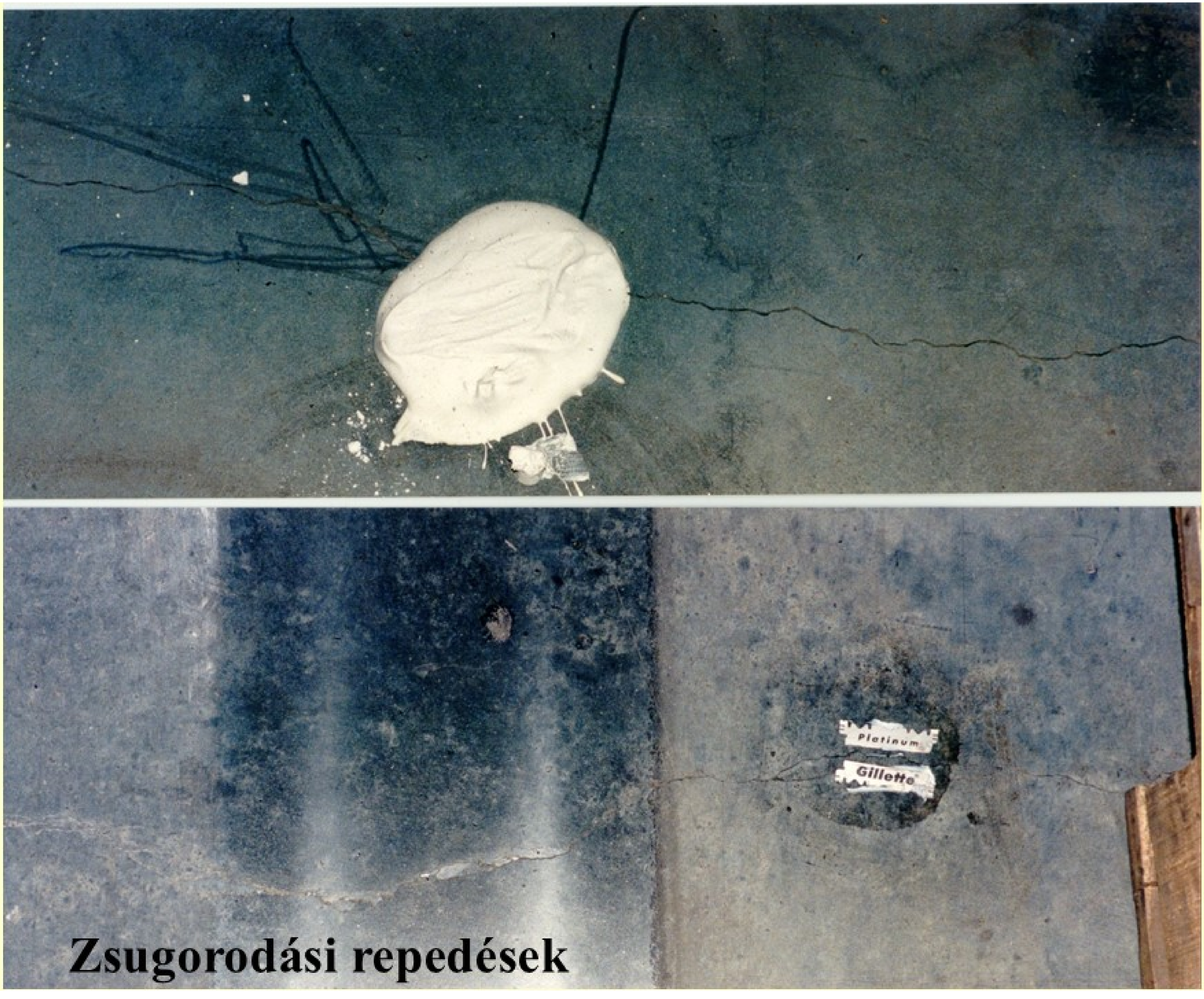
Zsugorodási repedések
Hőmozgásból eredő repedések
Süllyedésből származó repedések
Terhelésekből adódó repedések

Repedések formája

Nyugvó repedések – Terjedő repedések
Átmenő repedések – Egyoldali (felületi) repedések
Hossz-, keresztirányú, vízszintes, függőleges repedés
Egyes, párhuzamos futású, hálószerű repedések

Repedés tágasság

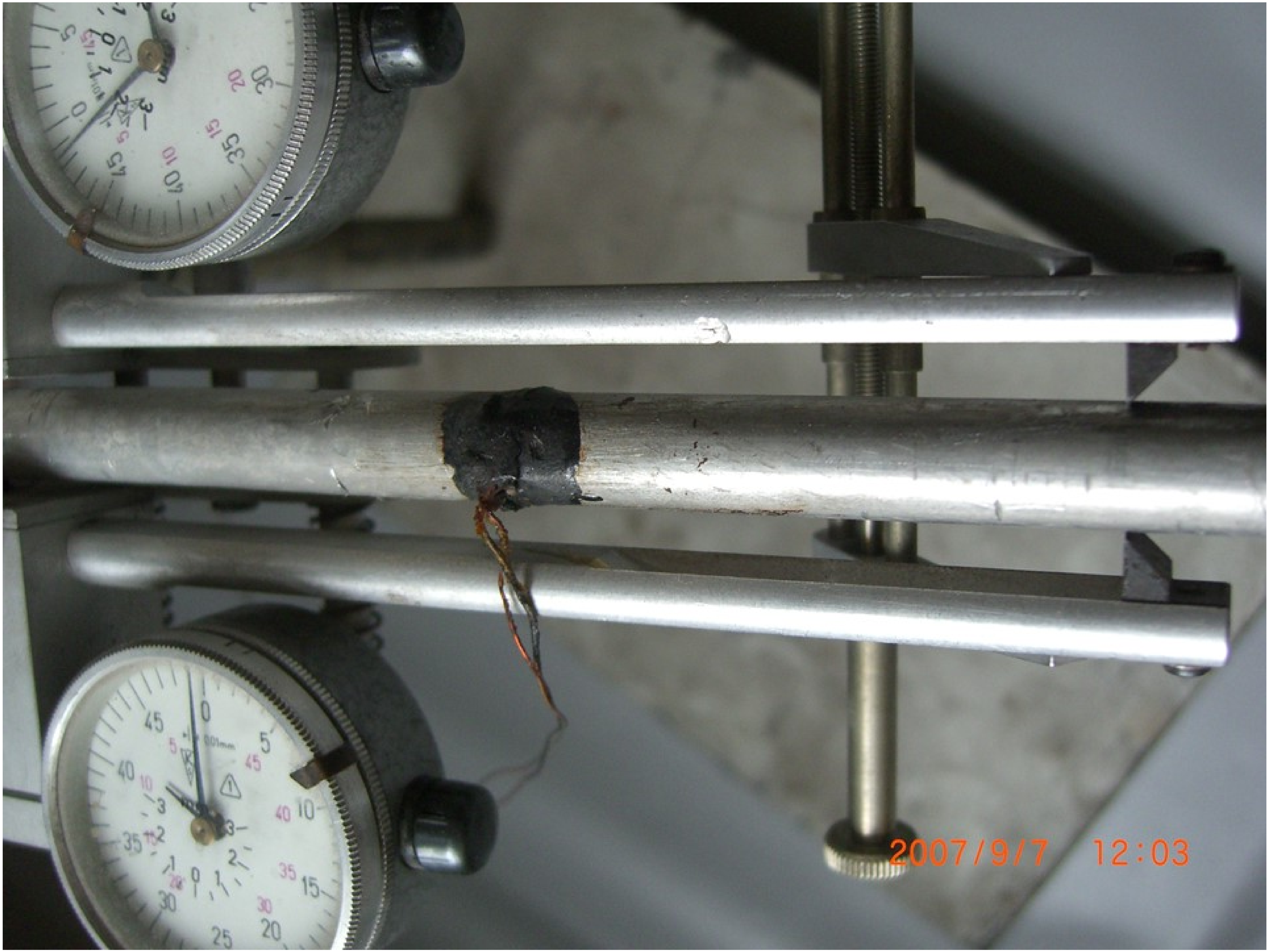
Hajszálrepedés: ≤ 0,1 mm
Finomrepedés: 0,1 – 0,3 mm
Közepes tágasságú repedés: 0,3 – 0,5 mm
Nagytágasságú repedés: 0,5 – 1 mm
Széles repedés: > 1 mm

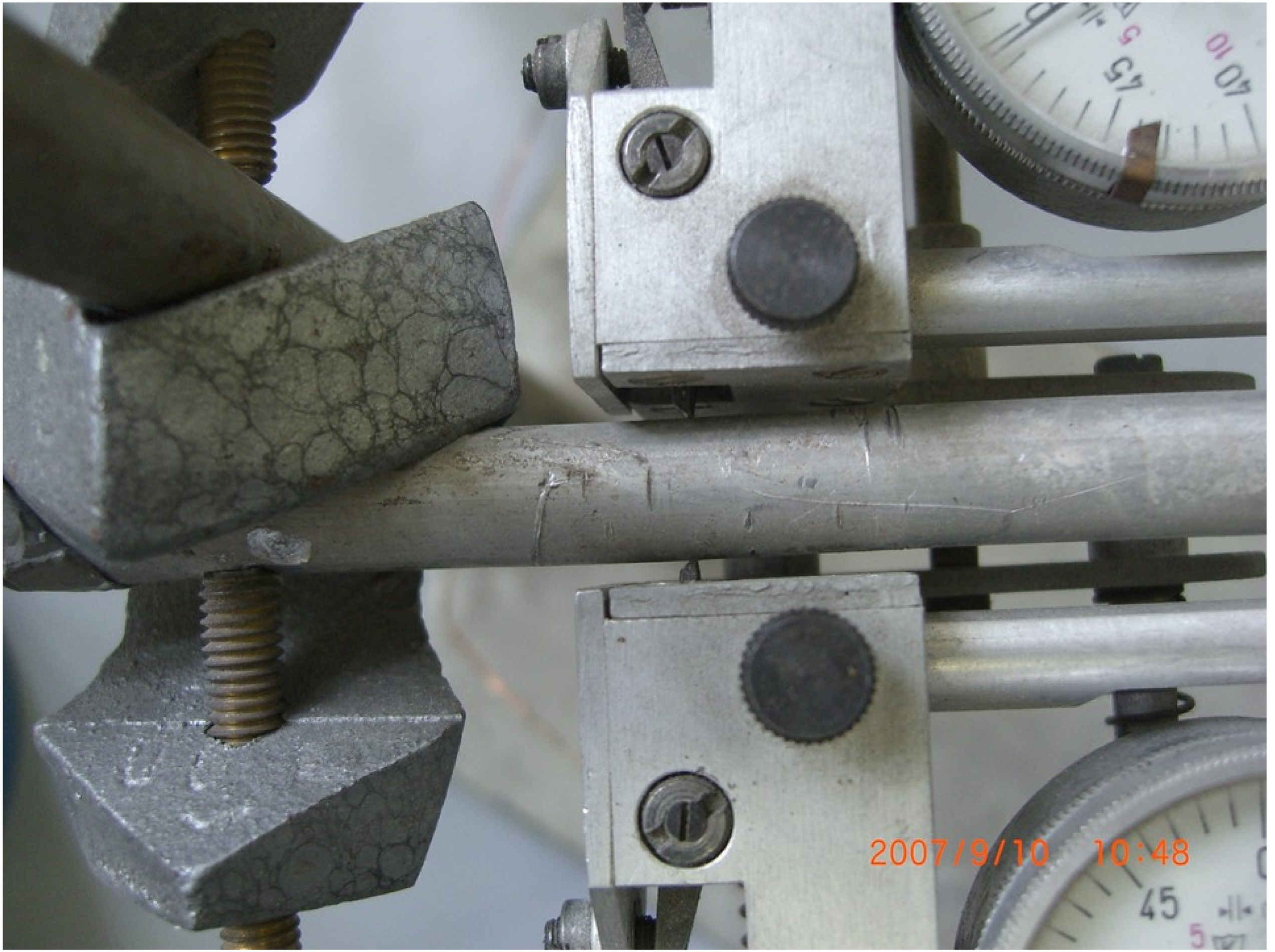


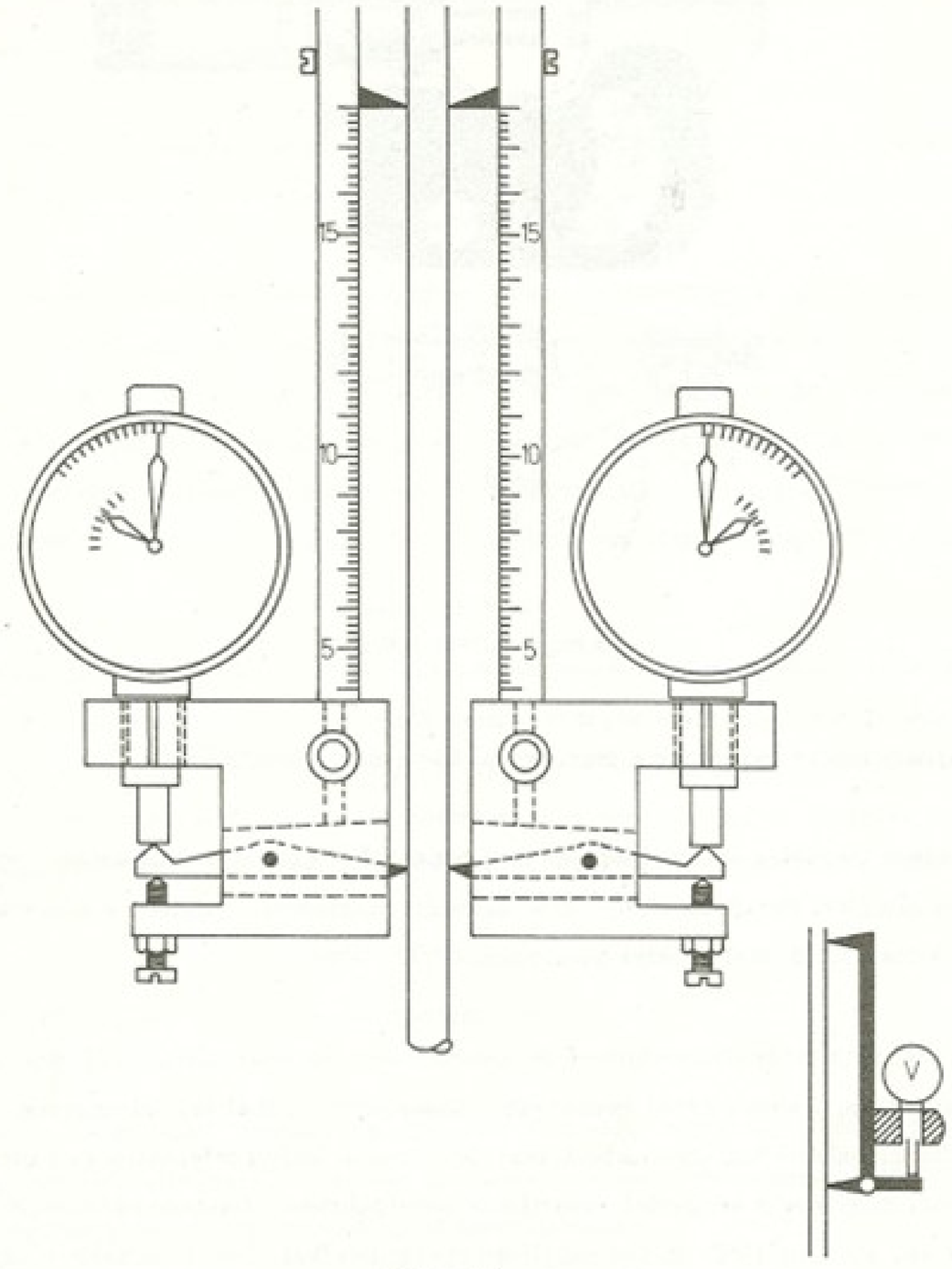
Zsugorodási repedések

Alumíniumrúd lineáris hőtágulása
2007/9/7 11:55

2007/9/7 12:02


2007/9/7 12:03


40 10
45 5
2007/9/10 10:48
45



II/25. ábra
Kétórás nyulásmérő

A hazai gyártású Huszár-féle (MMG) emelőáttételes indikátorórás nyulásmérő II/26. ábra) cserélhető közdarabokkal különböző (10) 25, 50, és 100 mm alaphosszal, cserélhető indikátorórákkal és változtatható 1/4 és 1/5-ös karáttétellel rendelkezik.

Az általunk használt nyúlásmérő mérési alaphossza: 120 mm

A 10 mm átmérőjű alumínium rúd hőtágulásának mérése L=120 mm alaphosszon, indikátor órák és termoelem alkalmazásával

Idő	Indikátor óra leolvasás, mm			ε ‰	Hőmérséklet
perc	bal	jobb	Δl, átlag		növekedés, °C
0,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0
0,5	0,000	0,000	0,000	0,000	1
1,0	0,020	0,010	0,015	0,125	9
1,5	0,070	0,025	0,048	0,396	23
2,0	0,110	0,065	0,088	0,729	42
2,5	0,155	0,103	0,129	1,075	58
3,0	0,190	0,130	0,160	1,333	73
3,5	0,215	0,160	0,188	1,563	84
4,0	0,245	0,190	0,218	1,813	97
4,5	0,275	0,215	0,245	2,042	108
5,0	0,295	0,235	0,265	2,208	117
5,5	0,310	0,250	0,280	2,333	124
6,0	0,320	0,260	0,290	2,417	131

Lineáris hőtágulás:

$$\Delta l = \alpha * L * \Delta T$$

$$\frac{\Delta l}{L} = \varepsilon = \frac{\varepsilon^{‰}}{1000} = \alpha * \Delta T$$

Lineáris hőtágulási együttható, 1/°C:

$$\alpha = \frac{\varepsilon}{\Delta T} = \frac{\varepsilon^{‰}}{1000 * \Delta T}$$

$$\alpha = \frac{0{,}019}{1000} = 0{,}000019 = 19{,}0 * 10^{-6}$$

Néhány anyag lineáris hőtágulási együtthatója az irodalom [Palotás L.: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 1.] szerint:

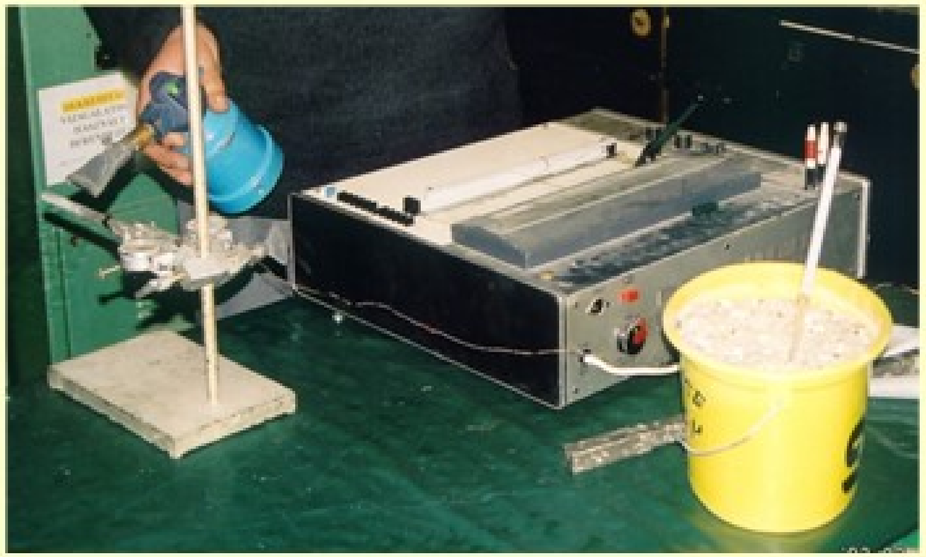
Anyag	α [1/°C]
Acél	$11{,}9*10^{-6}$
Alumínium	$\mathbf{23{,}9*10^{-6}}$
Bazalt	$8{,}0*10^{-6}$
Beton	$12{,}0*10^{-6}$
Cementkő	$18{,}5*10^{-6}$
Cink	$30{,}0*10^{-6}$
Gránit	$8{,}0*10^{-6}$
Gipsz	$25{,}0*10^{-6}$
Gipszhabarcs	$14{,}0*10^{-6}$
Gyémánt	$1{,}3*10^{-6}$
Jég	$52{,}5*10^{-6}$
Kvarc	$11{,}0*10^{-6}$
Márvány	$5{,}0*10^{-6}$
Mészkő	$6{,}9*10^{-6}$
Réz	$16{,}8*10^{-6}$
Szilicium	$7{,}0*10^{-6}$
Tégla	$9{,}0*10^{-6}$
Üveg	$5{,}0*10^{-6}$
Viz	$60{,}0*10^{-6}$

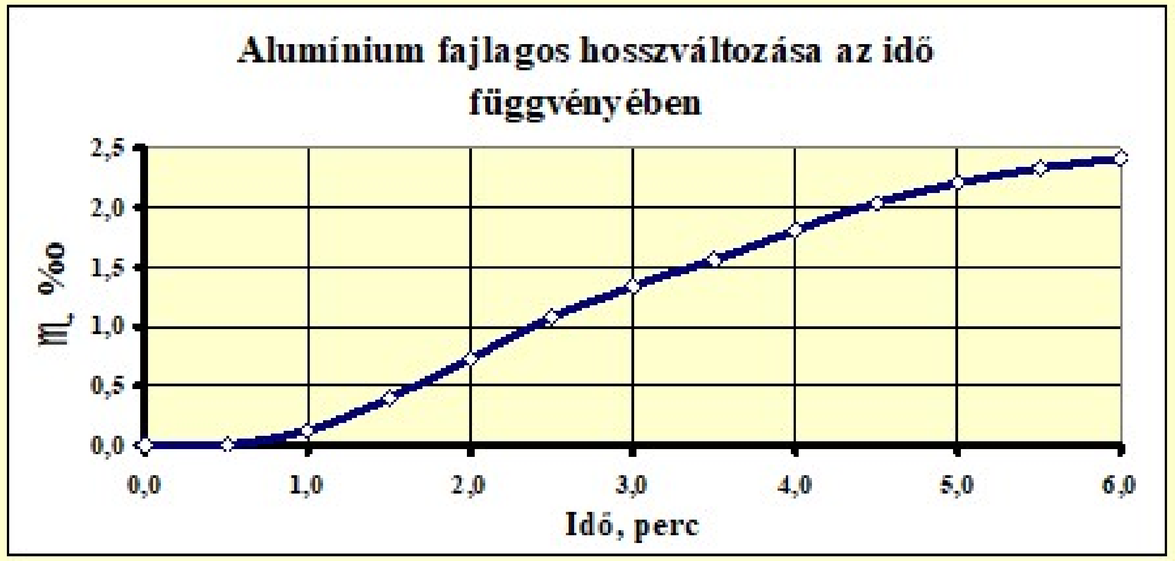
Többek között azért lehet vasbetont készíteni, mert az acél és a beton hőtágulási együtthatója közel egyforma érték.

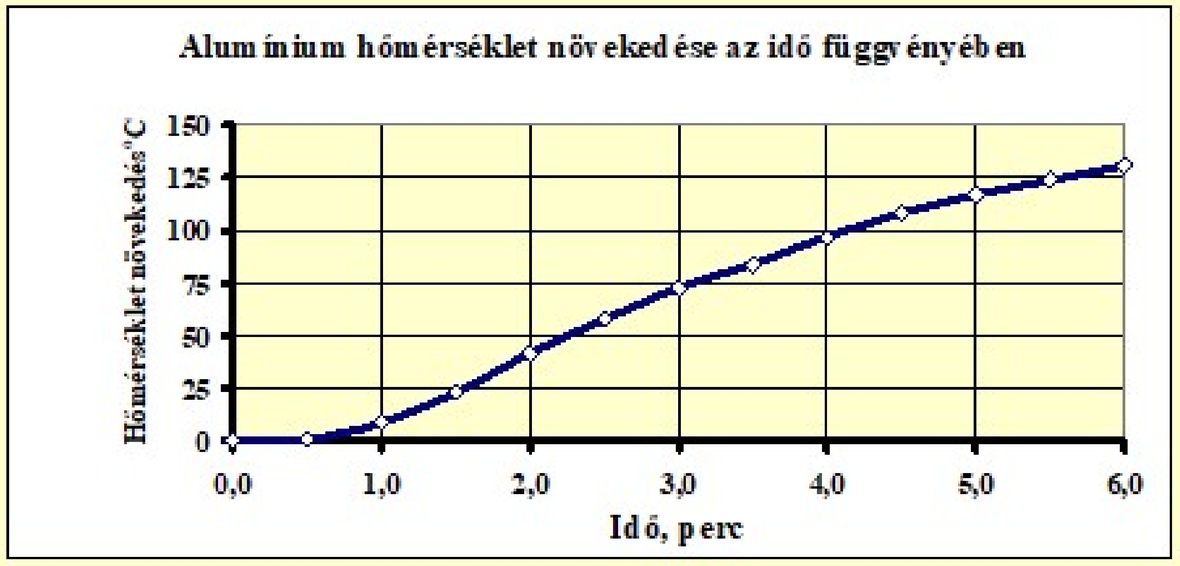
Idő perc	ε ‰
0,0	0,000
0,5	0,000
1,0	0,125
1,5	0,396
2,0	0,729
2,5	1,075
3,0	1,333
3,5	1,563
4,0	1,813
4,5	2,042
5,0	2,208
5,5	2,333
6,0	2,417

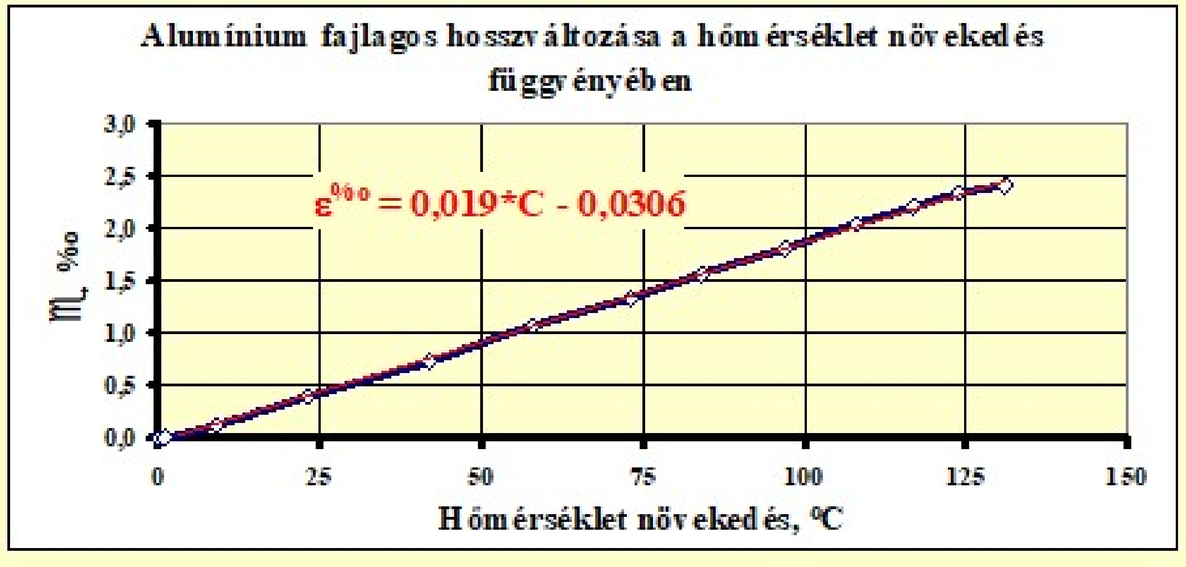
Idő perc	Hőmérséklet növekedés, °C
0,0	0
0,5	1
1,0	9
1,5	23
2,0	42
2,5	58
3,0	73
3,5	84
4,0	97
4,5	108
5,0	117
5,5	124
6,0	131

Hőmérséklet növekedés, °C	ε ‰
0	0,000
1	0,000
9	0,125
23	0,396
42	0,729
58	1,075
73	1,333
84	1,563
97	1,813
108	2,042
117	2,208
124	2,333
131	2,417




Aluminium fajlagos hosszváltozása az idő függvényében
ℓ ‰
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
Idő, perc


Alumínium hőmérséklet növekedése az idő függvényében
Hőmérséklet növekedés °C
150
125
100
75
50
25
0
0,0
1,0
2,0
3,0
4,0
5,0
6,0
Idő, perc


Aluminium fajlagos hosszváltozása a hőmérséklet növekedés függvényében
ε‰ = 0,019*C - 0,0306
ℓ ‰
3,0
2,5
2,0
1,5
1,0
0,5
0,0
0
25
50
75
100
125
150
Hőmérséklet növekedés, °C

A beton kúszása és ernyedése

A kúszás és ernyedés reológiai fogalmak. A reológia görög eredetű szó, és ebben az értelmezésben az anyagoknak az idő folyamán lejátszódó változásait vizsgáló műszaki tudományág megnevezése.

A kúszás állandó hőmérsékleten, a tartós (időben változatlan) terhelőerő hatására fellépő, időben változó alakváltozás, amely kezdetben gyorsabban, később lassabban nő, míg évek múlva aszimptotához tart.

A kúszás ($\varepsilon_{kúszás}$) a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozással (ε_0) és a zsugorodással (ε_{zs}) együtt a tartós alakváltozást (ε_t) teszi ki:

$$\varepsilon_t = \varepsilon_0 + \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{kúszás} \quad \text{és} \quad \varepsilon_{kúszás} = \varepsilon_t - \varepsilon_0 - \varepsilon_{zs}$$

A beton lassú alakváltozása (εlassú) a beton *zsugorodásának* és *kúszásának* együttes jelensége (*dr. Palotás László* professzor terminológiája):

$$\varepsilon_{lassú} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{kúszás}$$

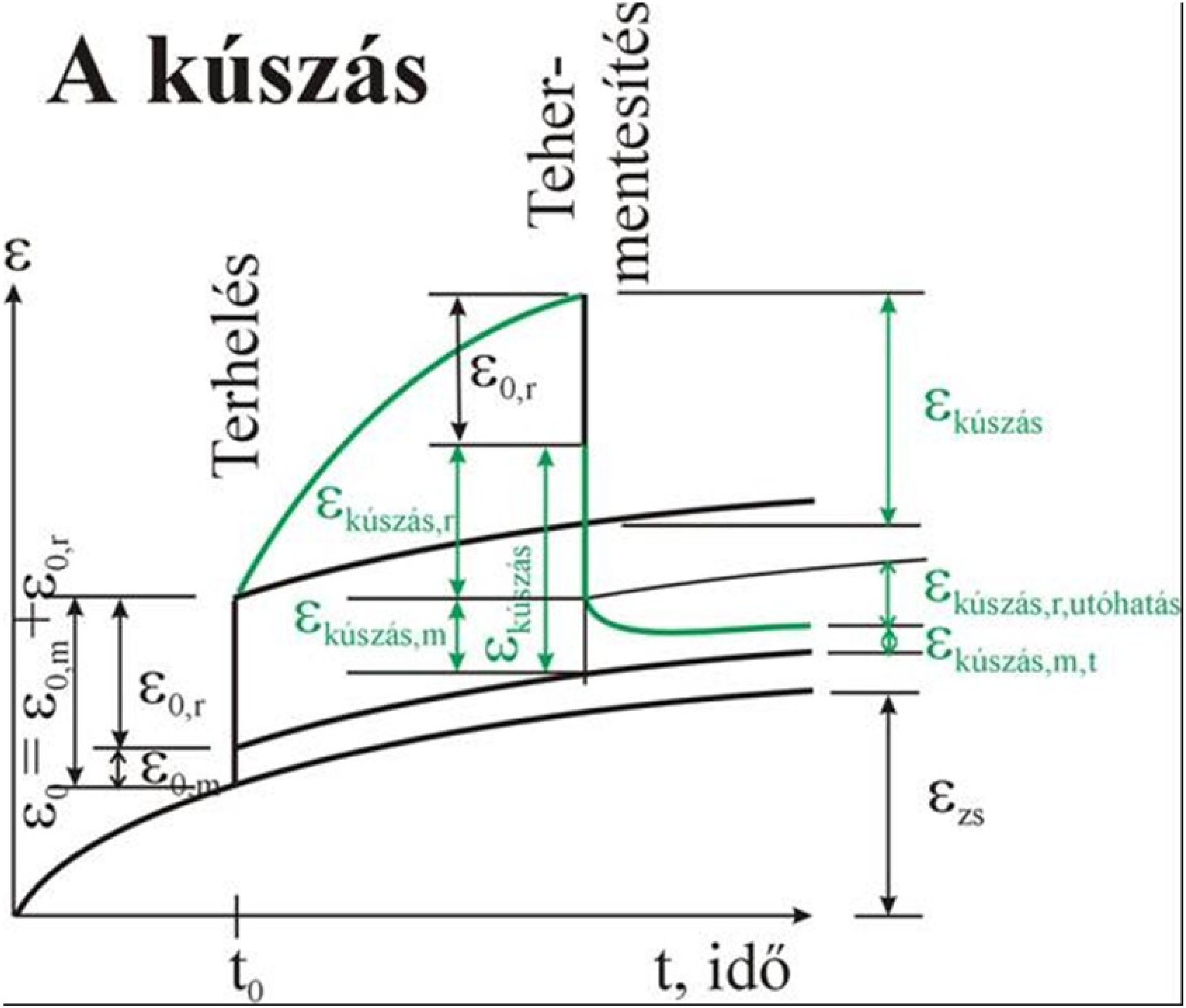
A következő ábrán a kúszás folyamata látható az idő függvényében. Ha a megterhelt betont bizonyos idő elteltével tehermentesítjük, akkor az nem nyeri vissza eredeti alakját, mert a tartós alakváltozás (ε_t) egy része maradó alakváltozás ($\varepsilon_{t,m}$), amely a zsugorodásból (ε_{zs}), a terhelés okozta pillanatnyi alakváltozás (e0) maradó részéből ($\varepsilon_{0,m}$) és a kúszás maradó alakváltozásából ($\varepsilon_{kúszás,m}$) tevődik össze:

$$\varepsilon_{t,m} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m}$$

Tehermentesítés után, az idő folyamán a kúszás maradó alakváltozásának egy része rugalmasan visszaalakul, - ezt a kúszás rugalmas utóhatásának nevezik ($\varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$) - ezért a tartós alakváltozás maradó részének végértéke:

$$\varepsilon_{t,m,\infty} = \varepsilon_{zs} + \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{kúszás,m} - \varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$$

A kúszás

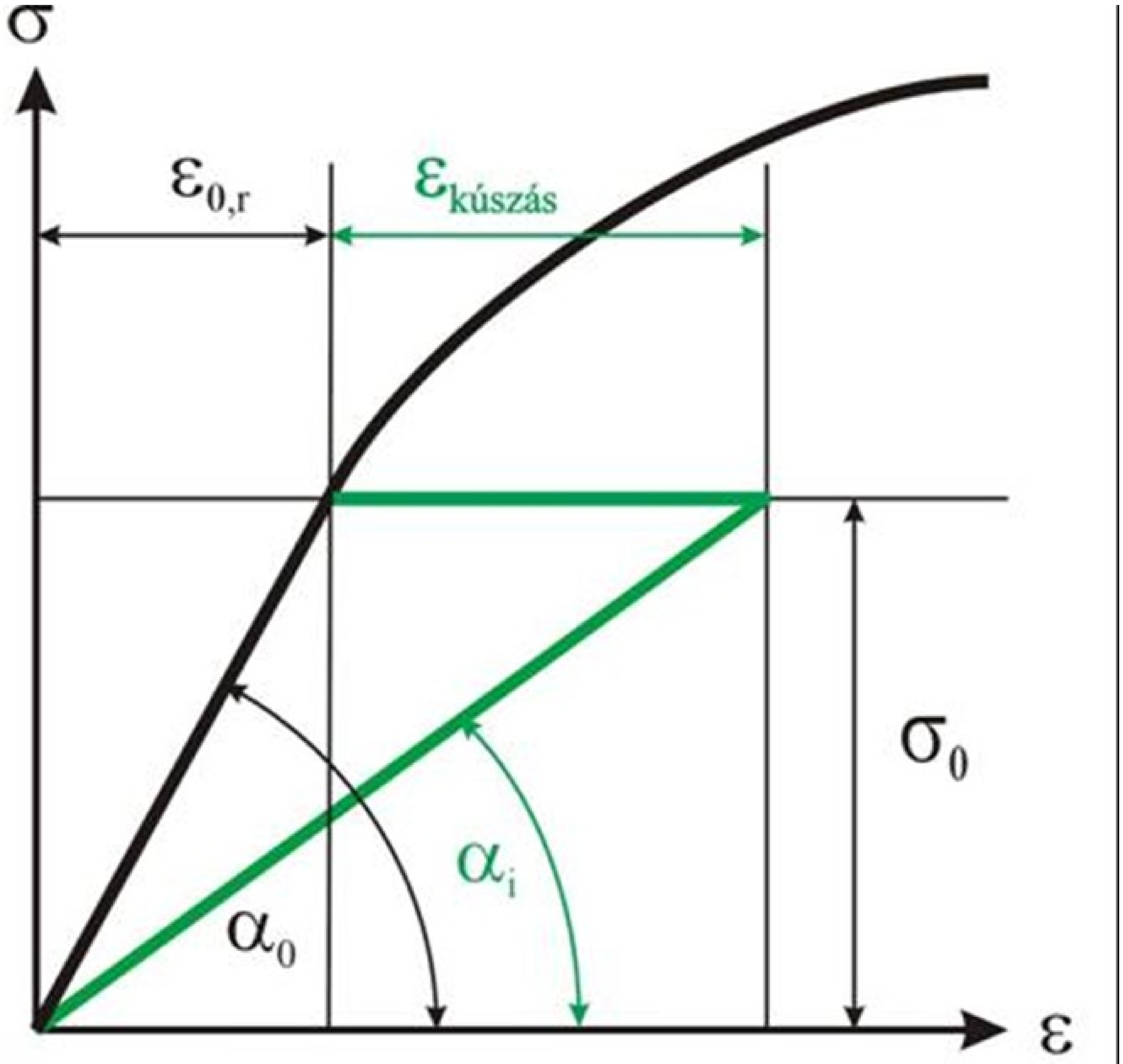

ε
Terhelés
Teher-
mentesítés
$\varepsilon_{0,r}$
$\varepsilon_{kúszás,r}$
$\varepsilon_{kúszás,m}$
$\varepsilon_{kúszás}$
$\varepsilon_{kúszás}$
$\varepsilon_{kúszás,r,utóhatás}$
$\varepsilon_{kúszás,m,t}$
ε_{zs}
$\varepsilon_{0,r}$
$\varepsilon_{0,m}$
$\varepsilon_0 = \varepsilon_{0,m} + \varepsilon_{0,r}$
t_0
t, idő

A beton kúszását a méretezés során úgy vesszük figyelembe, hogy tartós terhelés esetén a kezdeti rugalmassági modulus (E_0) helyett az „ideális” rugalmassági modulussal (E_i) számolunk:

$$E_i = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r} + \varepsilon_{kúszás}} = \frac{\sigma_0}{\varepsilon_{0,r}} * \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{kúszás}}{\varepsilon_{0,r}}} = E_0 * \frac{1}{1+\varphi}$$

ahol:

$\varphi = \varepsilon_{kúszás} / \varepsilon_{0,r}$ = a kúszási tényező



$$\sigma_0 = E_0 * \varepsilon_{0,r} = E_i * (\varepsilon_{0,r} + \varepsilon_{kúszás})$$

Beton nyomószilárdsági osztálya	Kúszási tényező közepes végértéke
C8/10	2,7
C16/20	2,1
C25/30	1,7
C35/45	1,4
C45/55	1,2

Az 1/(1+φ) tényező egynél kisebb szám, tehát a kúszás olyan folyamatnak tekinthető, mint amely a rugalmassági modulust csökkenti, például a hajlított tartók időbeni lehajlását növeli, így voltaképpen kedvezőtlen jelenség.

A beton kúszását befolyásolja:

a szerkezeti elem keresztmetszetének alakja;
a terhelés kezdetének időpontja;
a környezet relatív páratartalma;
a friss beton konzisztenciája;
a megszilárdult beton szilárdsága stb.

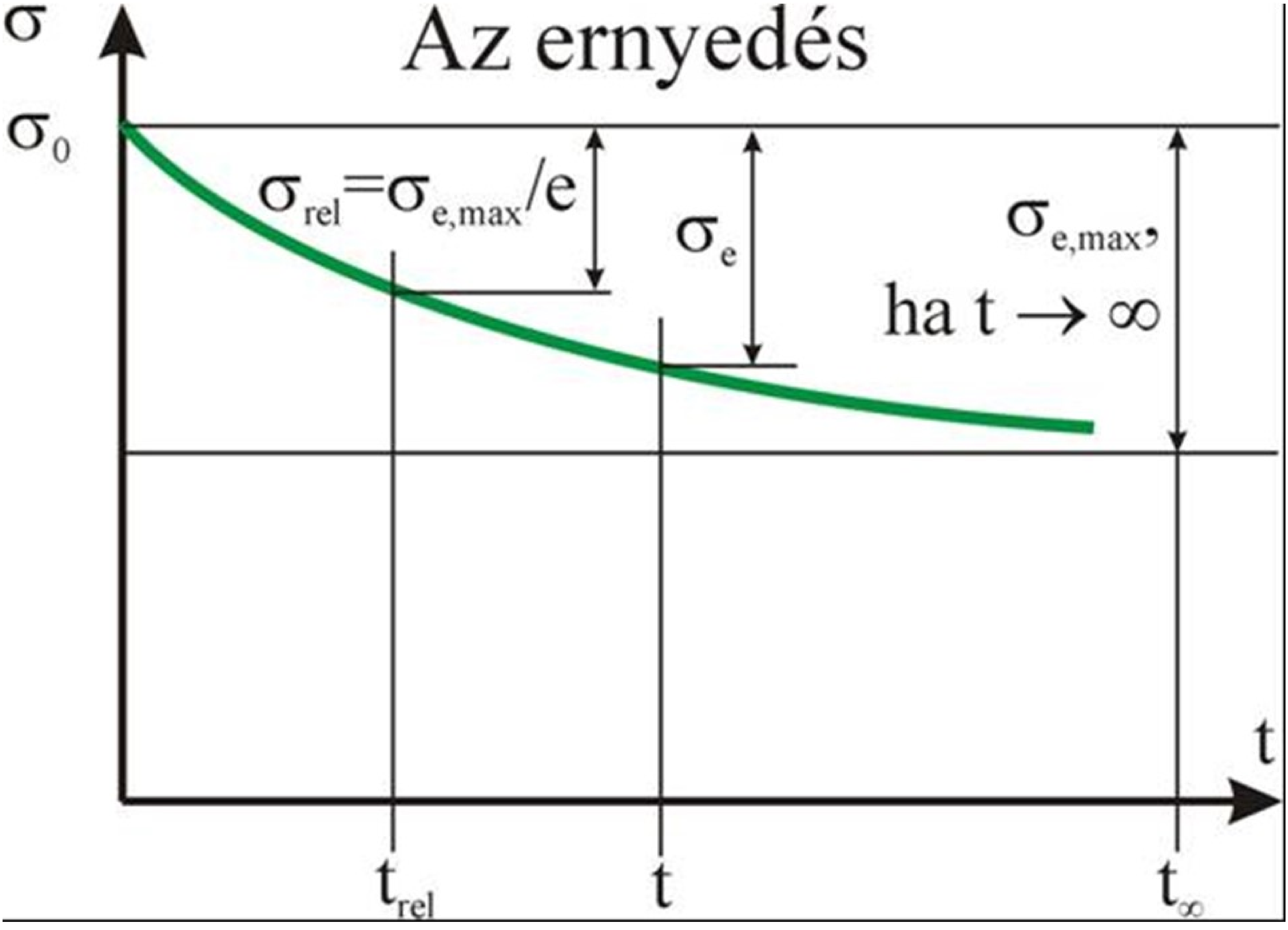
A kúszás az egyébként is ajánlott szilárdság növelő intézkedésekkel csökkenthető:

nagyobb szilárdságú cement;
jó minőségű adalékanyag;
kevés keverő víz;
jó bedolgozás;
gondos és hosszú idejű nedves utókezelés;
késői kizsaluzás stb.

A kúszási határ a kúszásnak (vagy a lassú alakváltozásnak, amely esetben „lassú alakváltozási határ”-nak nevezik) az a végtelen hosszú időhöz tartozó legnagyobb értéke, amelyet állandó terhelő mellett az anyag éppen törés nélkül viselni képes. A kúszási határhoz tartozó feszültség a tartós szilárdság.

A beton tartós szilárdsága az az állandó terhelőerő okozta legnagyobb feszültség, amelyet a beton végtelen hosszú ideig törésmentesen elbír. *Palotás professzor* megfogalmazásában: „a tartós szilárdság az a tartós terhelőfeszültség, amely mellett az anyag alakváltozási kapacitása kimerül”.

Az ernyedés



Az ernyedés (σ_e), más szóval relaxáció tulajdonképpen a kúszás inverze, „megfordítottja”. Azt a feszültség csökkenést (ernyedést) jelenti, amely az alakváltozás állandó értéken tartásához szükséges.

Azt az időt, amely alatt az ernyedés végértékének ($\sigma_{e,max}$) bizonyos hányada (σ_{rel}) bekövetkezik, ernyedési (relaxációs) időnek (t_{rel}) hívják. Ennek értéke igen nagy szám.

Köszönöm a figyelmüket

KÉPLETEK ÉS SZÁMPÉLDÁK A SŰRŰSÉGMÉRÉS FOGALOMKÖRÉBŐL

ANYAGSŰRŰSÉGMÉRÉS

Folyadék sűrűségének mérése areométerrel

Oldat	Sűrűség [g/cm^3]
Víz	0,995
10 %-os $CaCl_2$ oldat	1,100
14 %-os $CaCl_2$ oldat	1,140
20 %-os $CaCl_2$ oldat	1,200

MEGJEGYZÉS: Kalcium-kloridot kötésgyorsító adalékszerként csak vasalatlan betonhoz szabad használni, vasbetonhoz és feszített vasbetonhoz való használata szigorúan tilos.

Anyagsűrűség mérése piknométerrel

MSZ 18284-2:1979 (Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Sűrűségi jellemzők vizsgálatai) szabvány szerint

Az anyag szemnagysága: Kisebb, mint 0,2 mm, amely alá porítva a teljes anyagmintát olyannak tekintjük, mint amelyik pórusmentes.

$$Anyagsűrűség = \frac{Tömeg}{Pórusmentes \quad térfogat} = \frac{M_A}{V_A}$$

Piknométer

Pórusmentes térfogat mérése piknométerrel

Por térfogata **(c)** = Üres piknométert kitöltő mérőfolyadék

térfogata **(a)** –

– Por feletti mérőfolyadék térfogata **(b)**

Üres piknométert kitöltő mérőfolyadék térfogata **(a)** =

= [Mérőfolyadékkal töltött piknométer tömege **(4.)** –

– Üres piknométer tömege **(1.)**]/ρ_4

Por feletti mérőfolyadék térfogata **(b)** =

= [Port és felette mérőfolyadékot tartalmazó piknométer

tömege **(3.)** –

– Port tartalmazó piknométer tömege **(2.)**]/ρ_3

MEGJEGYZÉS: A mérőfolyadék a mérendő anyagot nem oldhatja, és azzal nem léphet reakcióba, és az ember egészségét nem károsíthatja. A téglapor anyagsűrűségét desztillált víz, a cementpor anyagsűrűségét triklór-etilén (C_2HCl_3) mérőfolyadék felhasználásával szabad megmérni.

Példa a téglapor térfogatmérésére és anyagsűrűségének számítására

Mérés		
1. mérés	Üres edény	66,62 g
2. mérés	Edény + por	74,25 g
3. mérés	Edény + por + víz	174,69 g
	a víz hőmérséklete: 21,0 °C	a víz sűrűsége: ρ_3 = 0,998019 g/cm^3
4. mérés	Edény + víz	169,97 g
	a víz hőmérséklete: 20,5 °C	a víz sűrűsége: ρ_4 = 0,998126 g/cm^3

Számítás		
Edényt kitöltő víz térfogata (a)	[(4.) – (1.)]/ρ_4	(169,97 – 66,62)/0,998126 = 103,544 cm^3
Por feletti víz térfogata (b)	[(3.) – (2.)]/ρ_3	(174,69 – 74,25)/0,998019 = 100,639 cm^3
Por térfogata (c)	(a) – (b)	103,544 – 100,639 = 2,905 cm^3
Por tömege (d)	(2.) – (1.)	74,25 – 66,62 = 7,63 g
Téglapor anyagsűrűsége	(d)/(c)	7,63/2,905 = 2,63 g/cm^3 (irodalom szerint: 2,7 g/cm^3)

A víz sűrűsége *t* °C hőmérsékleten

t °C	*ρ* g/cm^3
14,5	0,999 200
15,0	0,999 126
15,5	0,999 050
16,0	0,998 970
16,5	0,998 887
17,0	0,998 801
17,5	0,998 713
18,0	0,998 622
18,5	0,998 528
19,0	0,998 432
19,5	0,998 332

t °C	*ρ* g/cm^3
20,0	0,998 230
20,5	0,998 126
21,0	0,998 019
21,5	0,997 909
22,0	0,997 797
22,5	0,997 682
23,0	0,997 565
23,5	0,997 445
24,0	0,997 323
24,5	0,997 198
25,0	0,997 071

TESTSŰRŰSÉGMÉRÉS

Szabálytalan alakú tégla darab testsűrűségének mérése mérőhengerbe (menzúrába) való vízbe lógatással

Mérőhengerben lévő víz = 186 cm^3

Mérőhengerben lévő vízoszlop a tégla darab belógatása idején = 192 cm^3

Vízzel telített tégla darab által kiszorított víz, azaz a tégladarab térfogata =

= 192 – 186 = 6 cm^3

Tégla darab tömege szárazon = 9,44 g

Szabálytalan tégla darab testsűrűsége = 9,44/6 = 1,573 g/cm^3

Szabályos alakú tégla testsűrűsége

Tégla térfogata a méretekből számolva = 24,7·11,8·6,3 = 1836,198 cm^3

Tégla tömege = 3210 g

„Szabályos” alakú tégla testsűrűsége = 3210/1836,198 = 1,748 g/cm^3

HALMAZSŰRŰSÉG MÉRÉS

Téglazúzalék halmazsűrűsége

Edény térfogata = 2950 cm^3

Edény + tégla tömege = 3050 g

Edény tömege = 342 g

Tégla tömege = 3050 – 342 = 2708 g

Téglazúzalék halmazsűrűsége = 2708/2950 = 0,918 g/cm^3

FAJLAGOS SŰRŰSÉG FOGALOMKÖRE

Tömörség

$$Tömörség = \frac{Testsűrűség}{Anyagsűrűség} = \frac{Anyagtérfogat}{Testtérfogat}$$

$$t = \frac{\rho_T}{\rho_A} = \frac{M/\ V_T}{M/\ V_A} = \frac{V_A}{V_T}$$

Porozitás

$$Porozitás = \frac{Anyagsűrűség - Testsűrűség}{Anyagsűrűsűg} = \frac{Testtérfogat - Anyagtérfogat}{Testtérfogat} = \frac{Hézagok\quad térfogata}{Testtérfogat}$$

$$Porozitás = 1 - Tömörség$$

$$p_{szemcse} = \frac{\rho_A - \rho_T}{\rho_A} = \frac{M/\ V_A - M/\ V_T}{M/\ V_A} = 1 - \frac{V_A}{V_T} = 1 - t$$

Látszólagos porozitás [térfogat%/100]

$$p_{látszólagos} = Látszólagos\quad porozitás = \frac{Pórusokba\quad felvett\quad víz\quad térfogata}{Testtérfogat} =$$

= a test vízfelvétele térfogat arányban, azaz térfogat%-ban és osztva 100-zal

$$p_{látszólagos} = \frac{V_{Víz,\,p}}{V_T} = \frac{M_{Víz,\,p}/\,\rho_{Víz}}{M/\,\rho_T} = \frac{M_{Víz,\,p}}{\rho_{Víz}} / \frac{M}{\rho_T} = \frac{M_{Víz,\,p}}{M} \cdot \frac{\rho_T}{\rho_{Víz}} = n \cdot \frac{\rho_T}{\rho_{Víz}}$$

ahol n = vízfelvétel [tömeg%/100] nevezetlen szám.

MEGJEGYZÉS: A látszólagos porozitás összefüggésében a $\rho_T/\rho_{Víz}$ hányados neve „az anyag relatív testsűrűsége”. A relatív testsűrűség nevezetlen szám, és azt mutatja meg, hogy az anyag testsűrűsége hányszorosa a víz testsűrűségének. A relatív testsűrűség szerepel például az MSZ EN 934-2:1998 (Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés) európai szabvány 1. táblázatában

n = vízfelvétel [tömeg%/100]

ami *a test vízfelvétele tömeg arányban, azaz tömeg%-ban és osztva 100-zal:*

$$n = Vízfelvétel = \frac{Vizes\ \ tömeg\ -\ Száraz\ \ tömeg}{Száraz\ \ tömeg} = \frac{M_{Víz,p}}{M}$$

Példa a látszólagos porozitásra

Legyen egy anyag: *anyagsűrűsége*: $\rho_A = 3000$ kg/m^3 *testsűrűsége*: $\rho_T = 2400$ kg/m^3, amiből

tömörsége: $t = 2400/3000 = 0,8$ *porozitása*: $p = 1 - 0,8 = 0,2$

látszólagos porozitása: $p_{látszólagos}$ = víztérfogat/testtérfogat = $200/1000 = 0,2$

azaz a látszólagos porozitás teljes víztelítés esetén a porozitás közelítő értéke,

vízfelvétele teljes víztelítés esetén: **n** = $200/2400 = 0,08333$ **<** $0,2 =$ **p**

és felhasználásával

a *látszólagos porozitás*: $p_{látsz} = n \cdot (\rho_T/\rho_{Víz}) = 0,08333 \cdot 2400/1000 = 0,2$

Abszolút halmaztömörség

$$Abszolut \quad halmaztömörség = \frac{Halmazsűrűség}{Anyagsűrűség} = \frac{\rho_H}{\rho_A} = \frac{M/V_H}{M/V_A} = \frac{V_A}{V_H} = t_{Abs\ halmaz}$$

Halmazporozitás = Összporozitás = Porozitás + Hézagtérfogat·Tömörség, ahol

a *Hézagtérfogat·Tömörség* szorzat az anyagsűrűségre vonatkoztatott hézagtérfogat.

$$Halmazporozitás = \frac{Anyagsűrűség - Halmazsűrűség}{Anyagsűrűség} =$$

$$= \frac{Anyagsűrűség - Testsűrűség}{Anyagsűrűség} + \frac{Testsűrűség - Halmazsűrűség}{Testsűrűség} \cdot \frac{Testsűrűség}{Anyagsűrűség} =$$

$$= \frac{Anyagsűrűség - Testsűrűség}{Anyagsűrűség} + \frac{Testsűrűség - Halmazsűrűség}{Anyagsűrűség} =$$

$$= \frac{Anyagsűrűség - Halmazsűrűség}{Anyagsűrűség} = \frac{\rho_A - \rho_H}{\rho_A} = 1 - \frac{V_A}{V_H} = 1 - t_{Abs\ halmaz} =$$

$$= 1 - Abszolut\ halmaztömörség$$

Halmaztömörség

$$Halmaztömörség = \frac{Halmazsűrűség}{Testsűrűség} = \frac{\rho_H}{\rho_T} = \frac{M / V_H}{M / V_T} =$$

$$= \frac{V_T}{V_H} = t_{halmaz}$$

Hézagtérfogat = Szemcsék közötti hézagosság

$$Hézagtérfogat = \frac{Testsűrűség - Halmazsűrűség}{Testsűrűség} = \frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_T} =$$

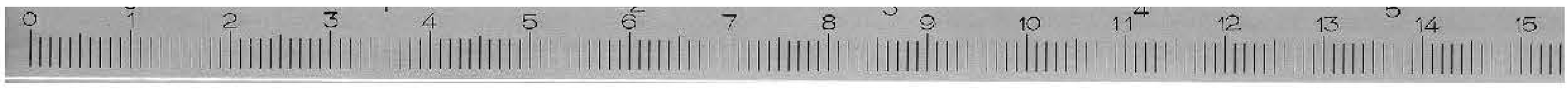
$$= 1 - \frac{V_T}{V_H} = 1 - Halmaztömörség$$

Lásd még a „Sűrűség és fajsúly” című (http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/05-suruseg.htm) dolgozatot is.

NÓNIUSZ

Sokszor van kezünkben a tolómérce, ez az igazán egyszerű hosszmérő eszköz, amelyre szerelt mellék-skála - az úgy nevezett nóniusz-skála - segítségével, a tolómérce fő-skálájának milliméteres leolvasási pontossága a tized, esetleg század milliméterek becslésével nagyságrendben fokozható. Hétköznapi, mégis nagyszerű, egyszerűségében zseniális eszköz a nóniusz-skálás tolómérce.

Ne elégedjünk meg a gépies használatával, hanem elevenítsük fel, amit róla tudni illik.

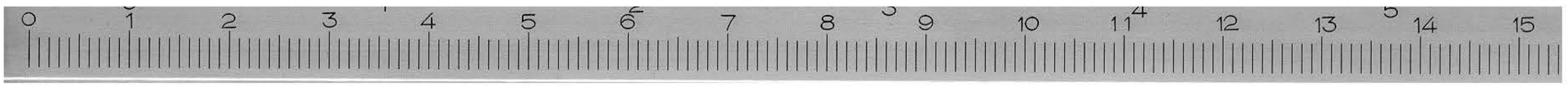


A nóniusz-skála nevét **Pedro Nunez** (ejtsd: nunyez; v. Nunes, Nunnius, Nonius), portugál matematikus után kapta, aki 1492-ben született és 1577-ben halt meg. A coimbrai egyetemen a matematika tanára volt és a nautika körül érdemeket szerzett. Művei „Opera mathemaica” cím alatt Baselben jelentek meg 1566-ban.

Érdekes, hogy a nóniusz-skála leírása **Pierre Vernier** (ejtsd: vernié), francia matematikus, (született 1580-ben és meghalt 1637-ben) „La construction, l'usage et les propriétés du quadrant de mathématique” (Brüsszel, 1631.) című munkájában található meg. Így van olyan vélemény, amely szerint ezt az eszközt helytelenül nevezzük nóniusznak, például a franciák verniernek hívják.

[A Pallas Nagy Lexikona, 1893-1896., és Révai Nagy Lexikona, 1911-1935.]

Akár mint is volt, ez a mindmáig fennmaradt mérőeszköz négy-évszázados, tehát abból az időből való találmány, amikor kezdett kialakulni a mechanikai világkép, és a reneszánsz kor tudósa számára kezdett fontossá válni a hosszmérés pontossága.



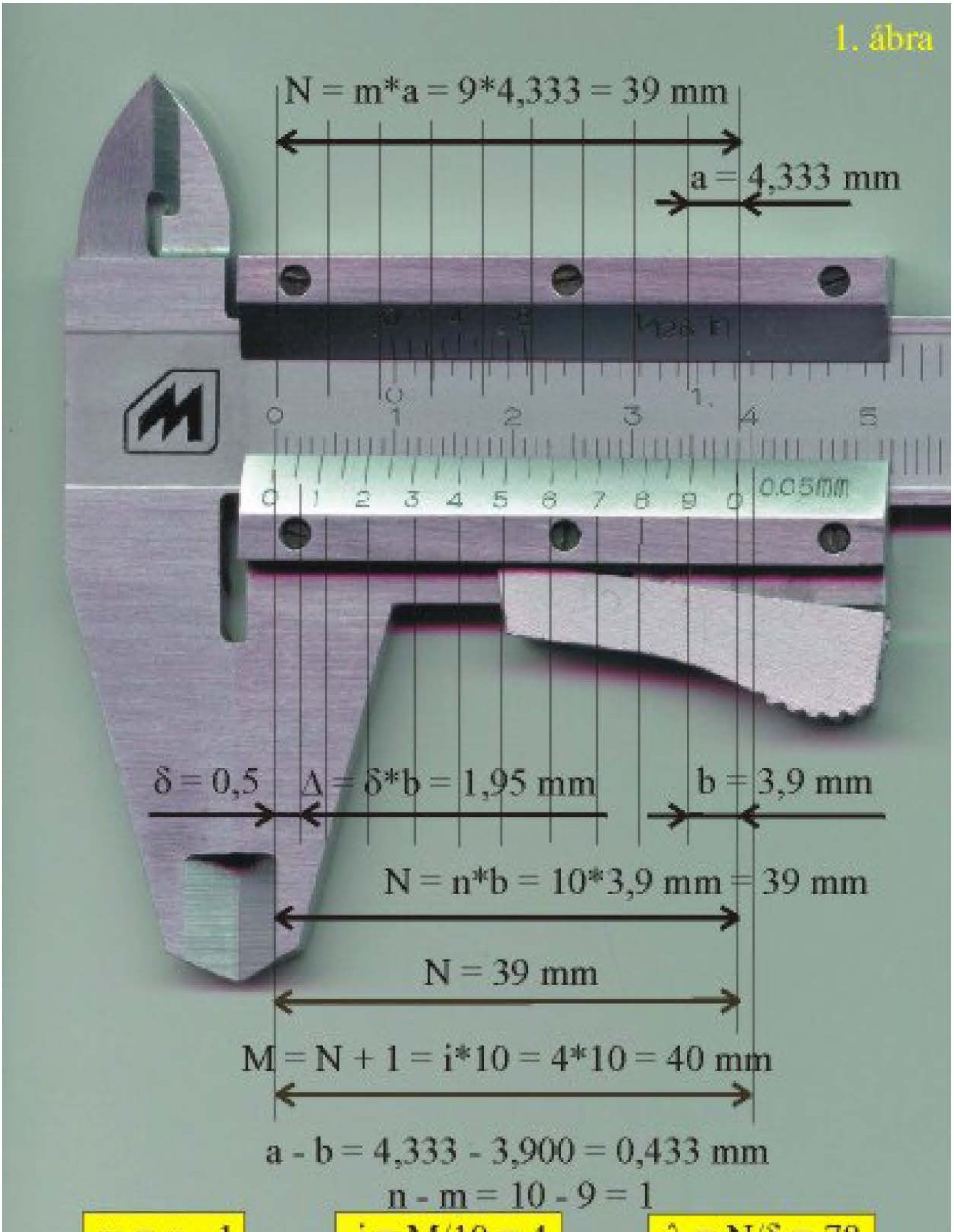
A nóniuszos tolómércével meghatározott l hosszúság a fő-skála zérus-vonalától a fő-skálán addig a vonalig terjed, amelyet a nóniusz-skála kezdő-vonala jelöl ki [Weiss György: Építőipari laboratóriumi méréstechnika és műszerismeret. I. kötet. ÉTK, 1974.]. Ha a megmérendő hosszúság nem esik egybe a fő-skála beosztás-vonalával, akkor meg kell mérni azt a kis hosszúságot, amely a nóniusz-skála kezdő-vonala és a fő-skála megelőző beosztás-vonala között van (l”), és ezt hozzá kell adni a fő-skála megelőző beosztás-vonalán tett l ’ leolvasáshoz (*3. - 6. ábrák*).

Kérdés, hogy miként olvassuk le az l” hosszúságot és miért áll fenn az l = l ’ + l” [mm] összefüggés.

A válasz az *1. ábrán* látható. Ezen és a többi ábrán bemutatott tolómércén is a nóniusz-skála beosztásainak száma $n=10$, és a nóniusz-skála hossza N. Ezt az N nóniusz-skála hosszúságot a fő-skálán **elméletben** $m=9$ részre osztjuk,

amiből $m=n-1$ a nóniusz-skála jellemzője. Ezen szerkesztési elv alapján, az *1. ábrán* belátható módon $l''=k/10$ [mm], ahol k valamely fő-skála beosztással legjobban egybeeső nóniusz-skála beosztás. Természetesen: $0 \leq l'' < 1$.

1. ábra



a - b = 4,333 - 3,900 = 0,433 mm

n - m = 10 - 9 = 1

m = n - 1	i = M/10 = 4	λ = N/δ = 78

A $0 < l'' < 1$mm részleolvasás értéke:

$l'' = k*\{(M/10)-(N/10)\} = k*(N/10 + 1/10 - N/10) =$

$= k/10$ [mm], vagy

$l'' = k*i - k*b = k*(i-b) = k/10$ [mm], ahol

k valamely fő-skála beosztással legjobban egybeeső nóniusz-skála beosztás

A nóniusz-skála $\lambda=N/\delta$ felbontóképessége annál nagyobb, minél hosszabb (N) a nóniusz-skála, és minél kisebb rajta a karcvonalak beosztás-értéke (δ). A *2. és 3. ábrán* három különböző felbontóképességű nóniuszos tolómérce látható, a *2. ábrán* alaphelyzetben, a *3. ábrán* mérési helyzetben. A *3. ábrán* szereplő tolómércéket a *4.-6. ábrákon* kinagyítva mutatjuk.

2. ábra

N = 19 mm
M = 20 mm
i = M/10 = 2
δ = 0,5
λ = N/δ = 38

Az 1. ábrán szereplő tolómérce

N = 39 mm
M = 40 mm
i = M/10 = 4
δ = 0,5
λ = N/δ = 78

N = 49 mm
M = 50 mm
i = M/10 = 5
δ = 0,2
λ = N/δ = 245

Mindhárom esetben:
m = n - 1

3. ábra

Ha ide kattint,
kinyílik a 4. ábra

$l = l' + l'' =$
$= 51 + 0{,}05 =$
$= 51{,}05$ mm

k = 0,5

N = 19 mm
M = 20 mm
i = M/10 = 2
δ = 0,5
λ = N/δ = 38

Ha ide kattint,
kinyílik az 5. ábra

Mindhárom esetben:
m = n - 1

Az ábrán különböző
mintatestek látbatók.

$l = l' + l'' =$
$= 50 + 0{,}37 =$
$= 50{,}37$ mm

k = 3,7

N = 39 mm
M = 40 mm
i = M/10 = 4
δ = 0,5
λ = N/δ = 78

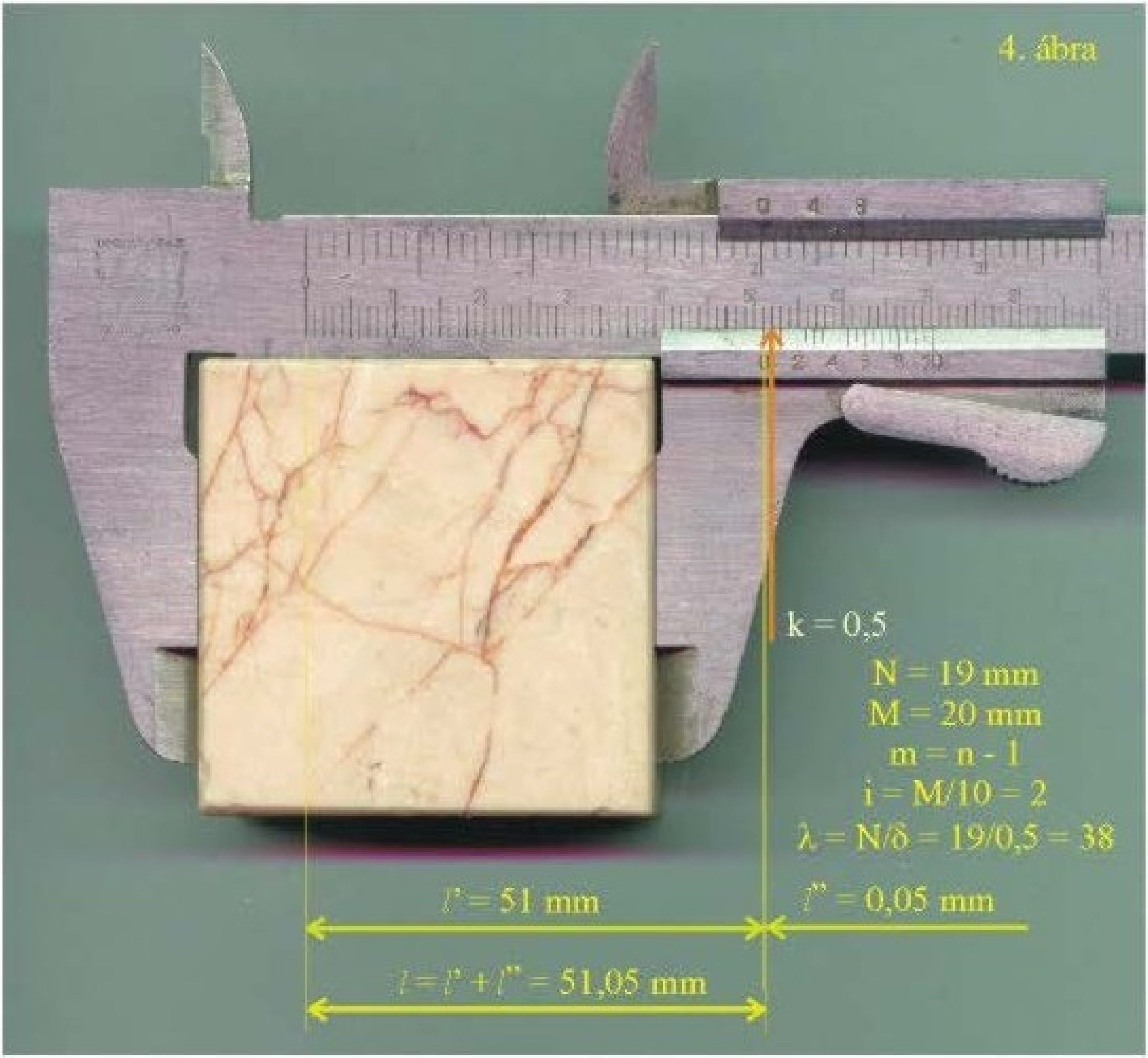
Ha ide kattint,
kinyílik a 6. ábra

$l = l' + l'' =$
$= 50 + 0{,}74 =$
$= 50{,}74$ mm

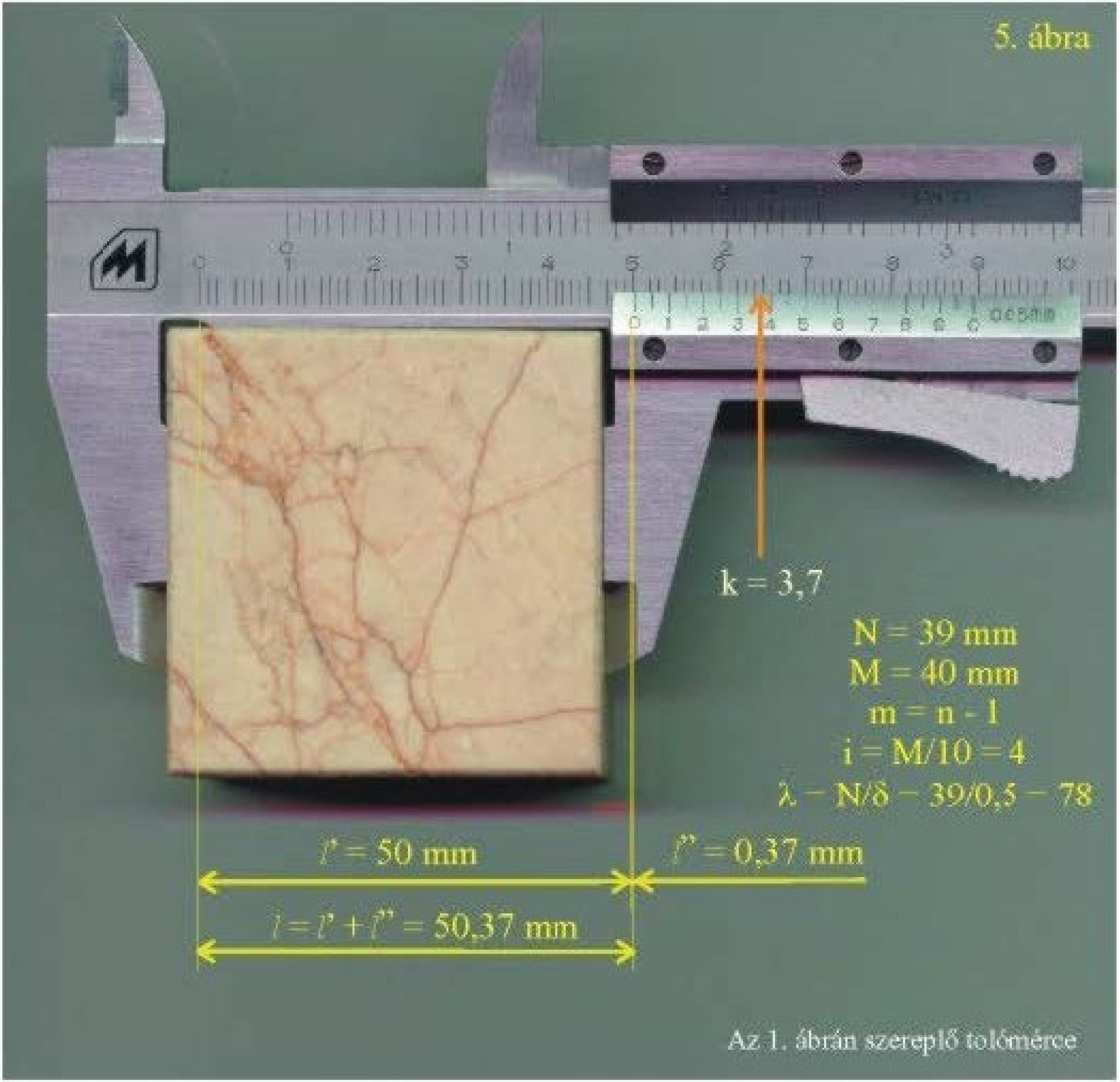
k = 7,4

N = 49 mm
M = 50 mm
i = M/10 = 5
δ = 0,2
λ = N/δ = 245

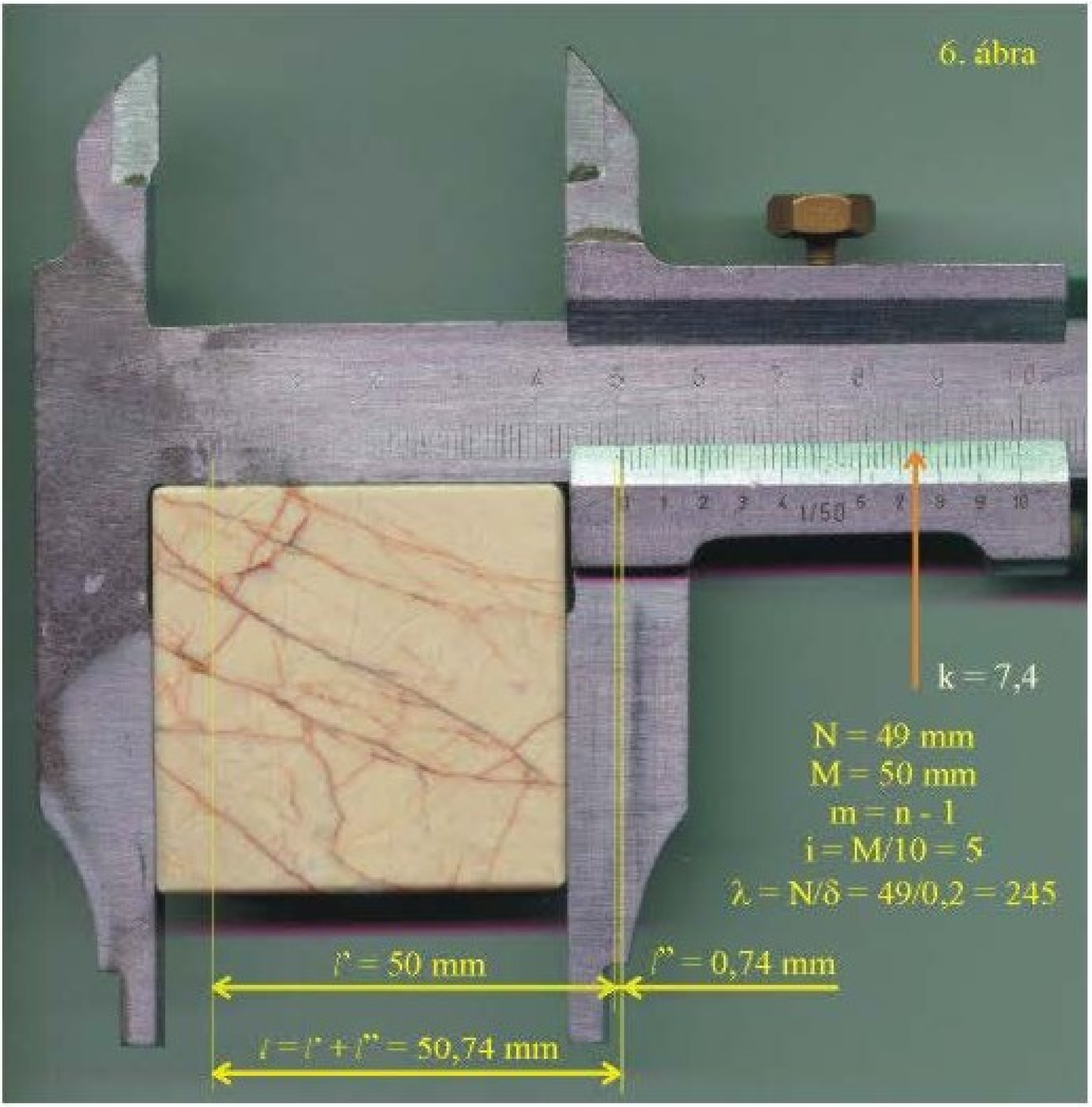
4. ábra


k = 0,5
N = 19 mm
M = 20 mm
m = n - 1
i = M/10 = 2
λ = N/δ = 19/0,5 = 38
l' = 51 mm
l'' = 0,05 mm
l = l' + l'' = 51,05 mm

5. ábra

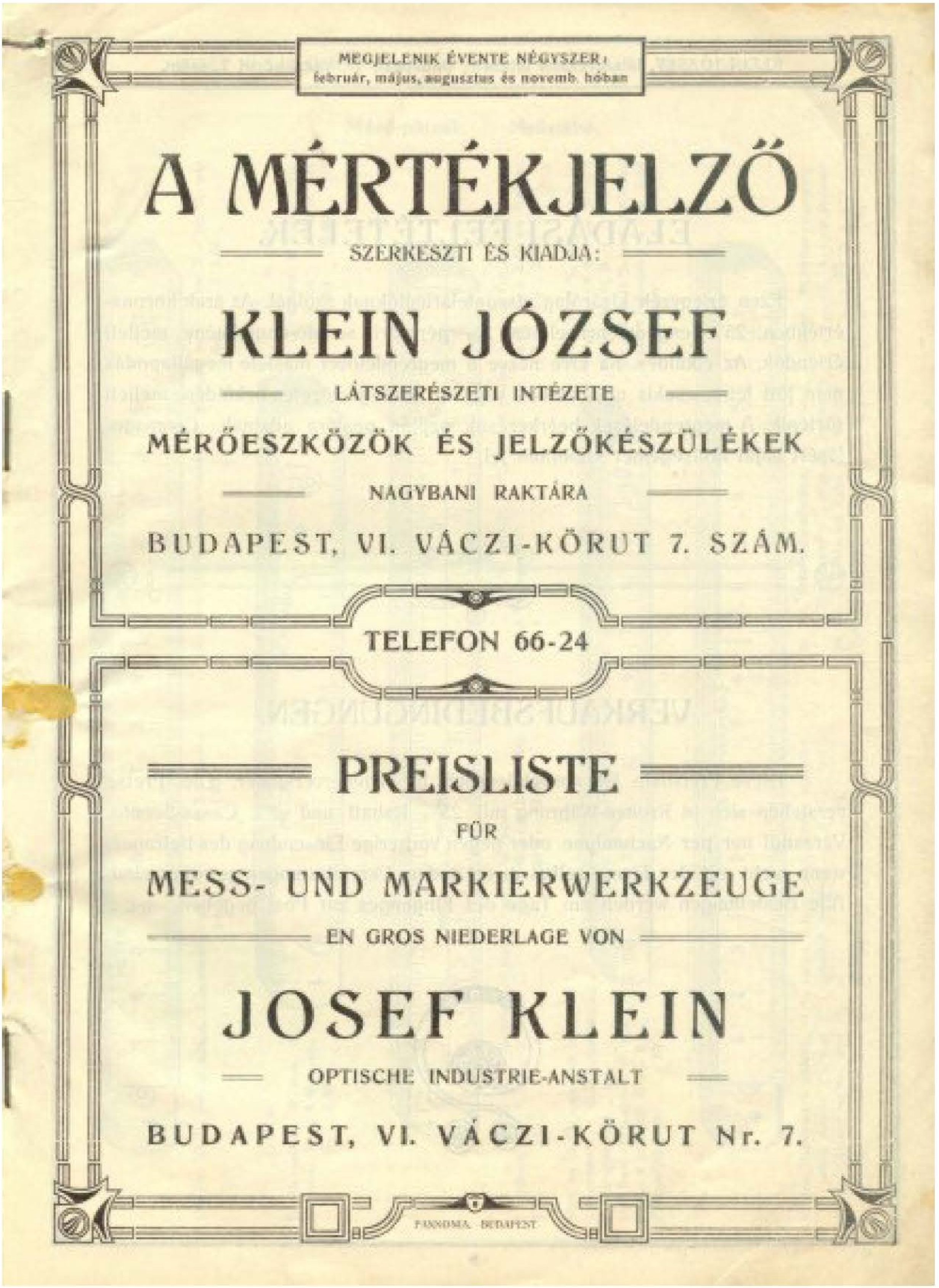


Az 1. ábrán szereplő tolómérce



Lehet, hogy száz év múlva, vagy még hamarabb, a nóniuszos tolómérce épp olyan kuriózum lesz, mint amilyenné a közelmúltban a logarléc vagy a Triump-rendszerű „tekerős" számológép vált. Ki fogják szorítani a gyakorlatból a mérőórás és az elektromos kijelzésű vagy még azoknál is korszerűbb hosszmérő berendezések, és nyoma csak múzeumokban, régiség kereskedésekben, öreg lexikonokban és sárgult lapú prospektusokban marad meg.

Tekintsék meg egy régi nagykereskedői árjegyzék belső borítóját - az árjegyzék bal felső sarkába befűzött zsineggel, amelyen a boltban a szegre akasztották - és egyik oldalának részletét egy nóniuszos tolómércével.



82. sz. Csőr hossza 8 c/m, --- --- --- 15 20 25 30 c/m-ig oszt. pánttal
Nr. 82. Schnabellänge 8 c/m, Schiene bis c/m geteilt

	2 osztással						
	mit 2 Teilungen --- --- ---	K	**3.60**	**4.—**	**4.60**	**5.80**	darabja pr. St.
	„ 3 „	„	**4.—**	**4.40**	**5.20**	**6.40**	„ „
	„ 4 „	„	**4.40**	**4.80**	**5.80**	**7.—**	„ „

Nr. 82 A. sz.	**Noniussal** 1/10 *mm.* osztással darabja Mit **Nonius** 1/10-*mm*-Teilung kostet das Stück	K	**—.80**	fill. drágább mehr
	10 c/m hosszú csőrrel darabja --- --- --- --- mit 10 c/m langen Schnabel kostet das Stück	„	**—.60**	fill. drágább mehr
	abgesetzt csőrrel, mint a 82. F. ábra --- --- --- mit abgesetzten Schnabel wie Figur 82 F. ---	„	**—.60**	fill. drágább. mehr.
Nr. 82 B. sz.	Csak 4 c/m hosszu csőrrel és 10 c/m hosszú pánttal, darabja --- --- Hat nur 4 c/m langen Schnabel, Schiene 10 c/m lang kostet pr. St.	K „	**3.—**	

Nikkelezés cm.-ként 5 fillér. — Vernickelung per Centimeter 5 Heller.

Sajnos az árjegyzéken a kiadás évét nem tüntették fel, de a német nyelvű szöveg és a koronában kifejezett árak - Magyarország pénzneme 1892-1925. között volt a korona -, valamint a Klein-féle üzlet címe (Budapest, VI., Váczi körút 7.) arra engednek következtetni, hogy az árjegyzék még a Monarchia idejéből való. S valóban, az Országos Széchényi Könyvtár Térképtárában meg lehet győződni arról, hogy a mai budapesti Bajcsy Zsilinszky utat már 1890-ben Váczi körútnak hívták, és ez volt a neve még ….-ben is. Az addigi Váczi körút az 1916-ban kiadott térképen már a Vilmos Császár út nevet viseli. Alább három térkép-részletet és egy szép fedőlapot látnak, ha ide kattintanak.

LIPÓTVÁROS

Budapest, 1890. Tervezte: Homolka József. M = 1 : 10.000

BUDAPEST

Fő- és székváros

LEGUJABB TERVRAJZA

MÉRTÉK 1 : 11 000.

1896

Nagy Alap V.

Kerület

BUDAPEST

SINGER ÉS WOLFNER KÖNYVKERESKEDÉSE

BUDAPEST, ANDRÁSSY ÚT 10. SZ.

Tervezte és metszette

POSNER KÁROLY LAJOS ÉS FIA

térképészeti műintézete

kiállítási terület

villamos vaspálya

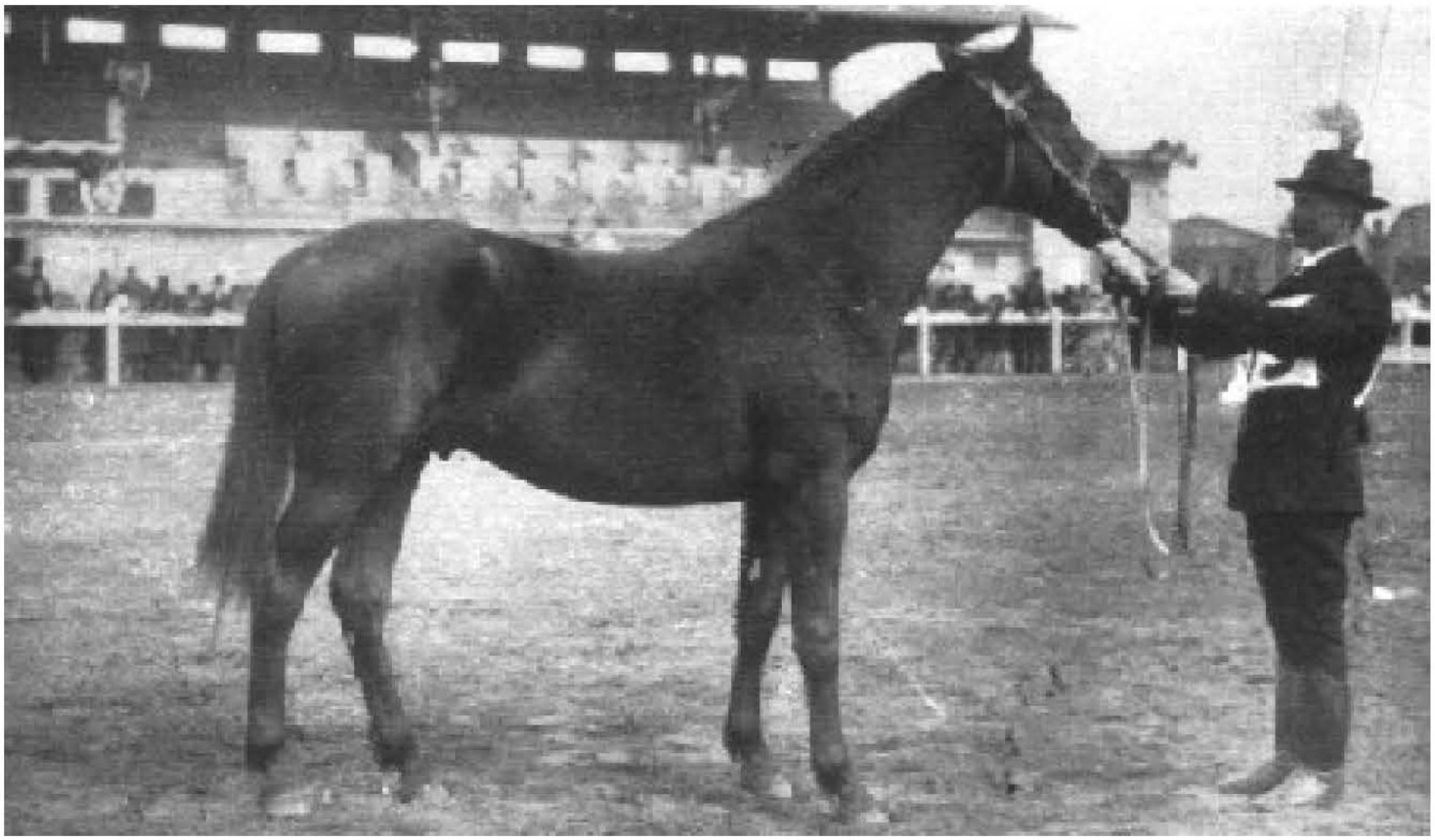
közúti vaspálya

helyi érdekű vaspálya

Térkép-részlet és a fedőlap 1895/96-ból

Budapest, 1910. Tervezte: Homolka József. M = 1 : 20.000

A nóniusz



Sűrűség és fajsúly

A sűrűség gyűjtőfogalom, ami az egységnyi térfogatú test *tömegét* fejezi ki. Mértékegysége kg/m^3. Ha a tömegével adott anyag a teret pórus {⇓} és hézag {⇓} nélkül teljesen kitölti, akkor a tömeg/térfogat hányadost anyagsűrűségnek (németül: Reindichte) nevezzük. Az anyagsűrűséget a napi szóhasználatban gyakran sűrűségnek mondják. Ha a test pórusokat tartalmaz, és e pórusokat a térfogat részének tekintjük, akkor az így kiszámított hányados a testsűrűség (németül: Rohdichte). Ha a testek halmazának (például szemhalmaz) tömegét a halmazt befogadó térfogatra vonatkoztatjuk, tehát a térfogatból sem a pórusok, sem a hézagok térfogatát nem vonjuk le, akkor halmazsűrűségről (németül: Schüttdichte) beszélünk. Porózus anyagok esetén elméletileg fennáll, hogy: anyagsűrűség > testsűrűség > halmazsűrűség. A tömeg a földrajzi helytől független mennyiség, így a sűrűség értéke a földrajzi helytől független anyagjellemző. A sűrűségi jellemzők viszonyszámai a test tömörségét {⇓}, illetve porozitását {⇓} adják meg.

A relatív sűrűség (németül: Relative Dichte) a test anyagsűrűségének és a +4 °C hőmérsékletű víz anyagsűrűségének (1000 kg/m^3) a hányadosa, amely nevezetlen szám. Szokás az egyéb hőmérsékletű, például a +25 °C hőmérsékletű víz anyagsűrűségét (997,07 kg/m^3) is viszonyítási alapul venni.

Ha nem a test tömegét, hanem a *súlyát* vonatkoztatjuk a megfelelő térfogatra, akkor az anyagsűrűség helyett a fajsúlyt (németül: Wichte, Spezifisches Gewicht), a testsűrűség helyett a térfogatsúlyt (németül: Rohwichte, Raumgewicht), a halmazsűrűség helyett a halmazsúlyt (németül. Schüttgewicht) kapjuk. Ezek mértékegysége N/m^3. Ellentétben a tömeggel, a súly és így a fajsúly, a térfogatsúly,

a halmazsúly függvénye a nehézségi gyorsulásnak, azaz a földrajzi helynek.

A súlytalanság állapotában lévő testnek gyakorlatilag nincs fajsúlya, de van anyagsűrűsége. Tekintve, hogy erő=tömeg*gyorsulás, valamely, például 2800 kg/m^3 anyagsűrűségű test fajsúlya (a tengerszinten és a 45° földrajzi szélességen) 2800*9,81=27468~28000 N/m^3.

Amíg az építőanyagtanban az építőanyagokat általában testsűrűségükkel jellemezzük, addig a statikában inkább azok fajlagos súlyával (például a térfogatsúllyal) számolnak. Az egyes szakmai ágazatokban nevezéktani eltérések is lehetnek. Például az aszfaltútépítők az olyan aszfaltok testsűrűségét, amelyekben a bitumen a porózus zúzottkövek adalékanyagvázát teljesen kitölti, hézagmentes testsűrűségnek nevezik.

Folyadékok anyagsűrűségének mérését areométerrel végezhetjük el. A szilárd halmazállapotú testek anyagsűrűségét 0,2 mm-nél finomabb, illetve ez alá porított vizsgálati mintán szokás meghatározni tömegméréssel és piknométeres vagy Le Chatelier-Candlot készülékes térfogatméréssel. A szabályos alakú próbatestek testsűrűségének meghatározása tömeg- és hosszméréssel, a szabálytalan alakúaké tömeg- és Mohr-Westphal mérleges térfogatméréssel, szemhalmazok esetén például légpiknométeres térfogatméréssel történik. Nagypontosságú testsűrűség mérések eszközei a poroziméterek {⇓}.
A halmazsűrűség meghatározását ismert térfogatú edénybe lazán betöltött vizsgálati minta tömegmérésével lehet elvégezni. A halmazsűrűség értékét jelentősen befolyásolja az edénybe töltött vizsgálati minta hézagtérfogata, ezért
a halmazsűrűség nem tekinthető a halmaz tömörségétől független anyagjellemzőnek. A sűrűséget a vizsgálati minta

kiszárított, légszáraz, vízzel telített víztartalmi állapotában {⇓} szokás meghatározni.

Jelmagyarázat: {⇓} A szócikk a BETON szakmai havilap valamelyik következő számában található.

📖A német kifejezések a szövegben szerepelnek.(német)
📖Density (sűrűség), specific gravity (fajsúly) (angol)
📖Masse volumique (sűrűség), poids spécifique (fajsúly) (francia)

Piknométer anyagsűrűség méréshez

Légpiknométer szemhalmazok testsűrűségének meghatározásához

Mohr-Westphal mérleg egyedi szem testsűrűségének méréséhez

Dr. Kausay Tibor
betonopu@axelero.hu
http://www.betonopus.hu

Gyakrabban előforduló anyagok anyagsűrűsége

Normál légnyomáson (101 325 Pa)

Szilárd anyagok, 18 ^{0}C,

1 kg/dm^3 = 1000 kg/m^3

parafa	0,24
faszén	0,3
paraffin	0,85
papiros	0,9
bőr	0,9
jég	0,92
polietilén	0,92
kaucsuk	0,93
viasz	0,96
nátrium	0,97
gyanta	1,01
polisztirol	1,05
aszfalt	1,1
ebonit	1,2
kőszén	1,2
poliuretán	1,2
polivinilklorid	1,35
antracit	1,4
celluloid	1,4
fa	1,5
koksz	1,6
cukor	1,6
csont	1,8
cementkő testsűrűsége	1,9
grafit	2,2
pórusbeton (gázbeton)	2,2

porcelán	2,3
bauxit	2,6
üveg	2,6
kavics testsűrűsége	2,65
alumínium	2,7
márvány	2,7
téglapor	2,7
mészkő	2,7
andezit	2,7
beton	2,8
bazalt	2,85
gyémánt	3,05
cementpor	3,1
cink	7,15
öntöttvas	7,2
ón	7,3
acél	7,8
kovácsolt vas	7,8
sárgaréz	8,6
nikkel	8,8
vörösréz	8,9
ezüst	10,5
ólom	11,4
wolfram	18,3
urán	18,7
arany	19,3
platina	21,4
irídium	22,5
ozmium	22,5

Gyakrabban előforduló szilárd anyagok anyagsűrűsége

Normál légnyomáson (101 325 Pa) és 18 ^{0} hőmérsékleten

1 g/cm^3 = 1 kg/dm^3 = 1000 kg/m^3

parafa	0,24
faszén	0,3
paraffin	0,85
papiros	0,9
bőr	0,9
jég	0,92
polietilén	0,92
kaucsuk	0,93
viasz	0,96
nátrium	0,97
gyanta	1,01
polisztirol	1,05
aszfalt	1,1
ebonit	1,2
kőszén	1,2
poliuretán	1,2
poli(vinil-klorid)	1,35
antracit	1,4
celluloid	1,4
fa	1,5
koksz	1,6
cukor	1,6
csont	1,8
cementkő testsűrűsége	1,9
grafit	2,2
pórusbeton	2,2

(gázbeton)	
porcelán	2,3
bauxit	2,6
üveg	2,6
kavics testsűrűsége	2,65
alumínium	2,7
márvány	2,7
téglapor	2,7
mészkő	2,7
andezit	2,7
beton	2,8
bazalt	2,85
gyémánt	3,05
cementpor	3,1
cink	7,15
öntöttvas	7,2
ón	7,3
acél	7,85
kovácsolt vas	7,8
sárgaréz	8,6
nikkel	8,8
vörösréz	8,9
ezüst	10,5
ólom	11,4
wolfram	18,3
urán	18,7
arany	19,3
platina	21,4
irídium	22,5
ozmium	22,5

[Szalay: Fizika] után

TÖMEGÁLLANDÓSÁG FOGALMA

A tömegállandóság fogalma azt fejezi ki, hogy kiszárított állapotban az anyagot tovább szárítva a tömege nem csökken. A tömegállandóság fogalma a szabványokban nem egységes, gyakorlati értelmezése anyagonként (néha egy anyagfajtán belül is) eltérő.

ÁLTALÁNOSSÁGBAN:

Beton szárítása esetén: Tömegállandó a **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten[①] szárított beton próbatest, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

[①] A beton (60 ± 5) °C hőmérsékleten történő szárításának az a magyarázata, hogy a cementkő egyes összetevői (például az ettringit) 60 °C hőmérséklet felett átalakulhatnak.

Könnyűbeton szárítása esetén: Tömegállandó a **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított könnyűbeton próbatest, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,2 %-a**. (Helyesebb lenne a könnyűbetont is csak **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten szárítani.)

Kőanyaghalmaz szárítása esetén: Tömegállandó a **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított kőanyaghalmaz, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

Természetes építőkő szárítása esetén: Tömegállandó a **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten szárított természetes építőkő, amikor az egymást legalább **24 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint az utóbbi **0,1 %-a**.

Táblázatosan összefoglalva

Anyag megnevezése	**Szárítás hőmérséklete, °C**	**Tömegmérések időköze, Óra**	**Megengedett legnagyobb tömegeltérés, %**
Beton	60 ± 5	24	0,1
Könnyűbeton	105 ± 5	24	0,2
Kőanyaghalmaz	110 ± 5	1	0,1
Természetes építőkő	110 ± 5	24	0,1

RÉSZLETEKBEN:

PÉLDÁUL ÉRVÉNYES MAGYAR ÉS HONOSÍTOTT EURÓPAI SZABVÁNYOKBAN:

MSZ 4798-1:2004 Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség. Az MSZ EN 206-1 és alkalmazási feltételei Magyarországon

A szilárd beton a testsűrűségét **(60 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig szárított próbatesteken határozzuk meg, 28 napos korban. Tömegállandó a beton próbatest, ha a **két legutolsó tömegmérés** közötti különbség az utóbbinak **legfeljebb 0,1 %-a**.

MSZ 4715-3:1972 Megszilárdult beton vizsgálata. Hidrotechnikai tulajdonságok

A próbatesteket külön-külön ismert tömegű tálcára helyezve **105-110 °C** hőmérsékleten szárítószekrényben szárítjuk. **24 óránként** mérjük az egyes tálcák tömegét a rajtuk lévő próbatesttel együtt. A szárítást mindaddig folytatjuk, amíg a próbatest tömegének két mérés közötti változása nagyobb, mint **10 g**, illetve (a próbatest) az utoljára mért tömeg(ének) **0,1 %-a.**

A próbatestről esetleg elporló vagy lepattogzó anyagrészek tömegét is hozzá kell számítani a próbatest tömegéhez.

MSZ EN 12390-7:2009 A megszilárdult beton vizsgálata. 7. rész: A megszilárdult beton testsűrűsége

Testsűrűség meghatározása vízzel telített állapotban: A próbatestet (20 ± 2) °C hőmérsékletű víz alá kell helyezni, és ott kell tartani, míg **24 óránkénti** mérések során a tömege kevesebbet változik, mint **0,2 %**. Megjegyzés: A *72 órán át* vízben tárolt próbatestekről feltételezhető, hogy állandó tömegűre telítődtek vízzel.

Testsűrűség meghatározása kiszárított állapotban: A próbatestet **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű légkeveréses szárítószekrényben kell szárítani, míg **24 óránkénti** mérések során a tömege kevesebbet változik, mint **0,2 %**.

MSZ EN 678:1999 Autoklávolt pórusbeton[②] testsűrűségének meghatározása kiszárított állapotú próbatesten

A próbatestek tömegét **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig való szárítás után kell meghatározni. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet több 0,1 %-nál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

② Az **autoklávolt pórusbeton** (új keletű kereskedelmi elnevezés) hagyományos, tudományos elnevezése: **gázbeton**

MSZ EN 1353:1999 Autoklávolt pórusbeton[2] nedvességtartalmának meghatározása

A próbatestek tömegét **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig való szárítás után kell meghatározni. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet több 0,1 %-nál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

[2] Az **autoklávolt pórusbeton** (új keletű kereskedelmi elnevezés) hagyományos, tudományos elnevezése: **gázbeton**

MSZ EN 992:1999 Adalékanyagos, nagyhézagtérfogatú könnyűbeton testsűrűségének meghatározása kiszárított állapotú próbatesten

A próbatesteket tömegállandóságuk eléréséig **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű, szellőztethető szárítószekrényben kell tárolni. Rendszerint csak 7 nap múlva kezdik a szárítást. A szárítószekrényből való kivétel után rögtön meg kell határozni az egyes próbatestek tömegét. A tömeg meghatározásának hibája nem lehet nagyobb a próbatest tömegének
0,1 %-ánál. A próbatest tömegét állandónak lehet venni, ha az további **24 órán** át tartó szárítás után nem változik többel, mint **0,2 %**.

MSZ 18284-1:1979 Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Fogalommeghatározások

Kiszárított állapotú a kőzet, ha **105 ± 5 °C** hőmérsékletű zárt, de légcsere-képes térben (például szárítószekrényben) a **próbatestet legalább három**, a **próbahalmazt legalább 1 napig** tárolják, *vagy különleges pontossági igényű vizsgálatok esetén a próbatestet vagy próbahalmazt tömegállandóságig szárítják*, és tárolás, illetve szárítás után szobahőmérsékletre lehűtik. *Kiszárított állapotban a kőzet víztartalmát nullának kell tekinteni.*

Tömegállandóság a kőzetek tömegváltozásának azon határesete, amikor meghatározott és állandó környezetben, általános esetben **három egymást követő napon**, a kőzet kiszárított állapotának elérésére alkalmazott szárítás esetén **6 óránként** nyert tömegmérési eredmény közül a két-két egymást követő eredmény eltérése nem éri el a **0,1 tömeg%-ot**. Megjegyzés: A *súlyállandóságot* a tömegállandósággal azonosan kell értelmezni.

Vízzel telített állapotú a kőzet, ha vagy a légszáraz, illetve természetes állapotú kőzetet *telítik tömegállandóságig vízzel*, vagy a próbatestet **legalább öt**, a próbahalmazt **legalább három napig** vízben tárolják. Vízzel telített állapotban a kőzet víztartalma a *telítési víztartalom*.

MSZ EN 1097-5:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata 5. rész: A víztartalom meghatározása szárítószekrényben történő szárítással

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

A vizsgáló laboratóriumok maguk állapíthatják meg a különböző jellegű és nagyságú minták tömegállandóságának eléréséhez szükséges időt a rendelkezésre álló szárítószekrény befogadóképességének megfelelően.

MSZ EN 933-1: 1997/A1:2006 Kőanyaghalmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Szitavizsgálat

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-1:1996/A1:2004 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-2:1998/A1:2007 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása (Los Angeles)

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-3:2000 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazsűrűség és a hézagtérfogat meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-4:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 4. rész: A szárazon tömörített kőliszt hézagtérfogatának meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-5:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: A víztartalom meghatározása szárítószekrényben való szárítással

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1097-6:2000/A1:2006 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

Vízzel való telítés során a kőanyaghalmazt kosárban (24 ± 0,5) óra hosszára (22 ± 3) °C hőmérsékletű víz alá kell meríteni.

MSZ EN 1097-7:2008 Kőanyaghalmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 7. rész: A kőliszt anyagsűrűségének meghatározása. Piknométeres módszer

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1367-1:2007 Kőanyaghalmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálata. 1. rész: A fagyállóság meghatározása

A vizsgálati mintát légkeveréses szárítószekrényben **(110 ± 5) °C** hőmérsékleten meghatározott ideig kell szárítani. Tömegállandóság állapotába került a kőanyag, amikor az egymást legalább **1 órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

Vízzel való telítés során a mintákat légköri nyomáson, (24 ± 1) órán át kell korrózióálló fémlemezből készített dobozokban, (20 ± 3) °C hőmérsékleten, desztillált vagy ioncserélt vízben tárolni úgy, hogy a víz az egyedi vizsgálati mintákat a teljes 24 óra alatt legalább 10 mm magasan elfedje.

MSZ EN 1925:2000 Természetes építőkövek vizsgálata. A kapilláris-vízfelszívási tényező meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(70 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani. A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 1936:2007 Természetes építőkövek vizsgálata. Az anyagsűrűség és a testsűrűség, valamint a teljes és a nyílt porozitás meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(70 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani.
A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

MSZ EN 12370:2000 Természetes építőkövek vizsgálata. Sókristályosodással szembeni ellenállás meghatározása

A próbatesteket légkeveréses szárítószekrényben **(105 ± 5) °C** hőmérsékleten tömegállandóságig kell szárítani.
A tömegállandóságot akkor érjük el, amikor a **(24 ± 2) órás** időközökben követő tömegmérések nem térnek el jobban egymástól, mint **0,1 %**.

PÉLDÁUL VISSZAVONT HONOSÍTOTT NEMZETKÖZI SZABVÁNYOKBAN:

MSZ ISO 6274:1993 Beton. Az adalékanyag szitavizsgálata (Visszavonva 2001. november 1-én.)

A mintát tömegállandóságig kell szárítani. Ezt általában el lehet érni a szárítószekrényben lapos tálcán **(24 ± 4) óra alatt (105 ± 5) °C** hőmérsékleten szárítva.

MSZ ISO 6783:1993 Durva beton-adalékanyag. A szemcsetestsűrűség és a vízfelvétel meghatározása. Hidrosztatikus módszer (Visszavonva 2001. november 1-én.)

Tegyük az adalékanyagot lapos tálcán **(105 ± 5) °C** hőmérsékletű szárítószekrénybe, és szárítsuk ki tömegállandóságig (ehhez rendszerint **24 óra** szükséges).

A TÖMEGÁLLANDÓSÁG ELÉRÉSÉNEK IDEJÉT BEFOLYÁSOLÓ KÖRÜLMÉNYEK:

– a minta anyaga,

– a minta víztartalma,

– a minta nagysága,

– a szárítószekrény befogadóképessége.

Az összeállítás készült 2010. szeptember 25-én.